

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra obrábění a montáže

Návrh technologie výroby unašeče trakčního převodu
lokomotivy

Production Technology Proposal of Locomotive's
Tenon Traction Transmission

Student:	Bc. Břetislav Přecechtěl
Vedoucí diplomové práce:	doc. Ing. Robert Čep, Ph.D.

Ostrava 2011

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra obrábění a montáže

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Břetislav Přecechtěl**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2303T002 Strojírenská technologie
Téma: **Návrh technologie výroby unašeče trakčního převodu lokomotivy**
Production Technology Proposal of Locomotive's Tenon Traction
Transmission

Zásady pro vypracování:

1. Úvod do problematiky.
2. Problematika obrábění rozměrných součástí.
3. Rozbor stávající technologie výroby.
4. Návrh nové technologie výroby unašeče.
5. Technicko-ekonomické zhodnocení.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] BRYCHTA, Josef; ČEP, Robert; SADÍLEK, Marek; PETŘKOVSKÁ, Lenka; NOVÁKOVÁ, Jana. *Nové směry v progresivním obrábění*. Ostrava : VŠB – TU Ostrava, 2007. Dostupné na <http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FS/NSPO>. ISBN 978–80–248–1505–3.
- [2] HAVRILA, Michal; ZAJAC, Jozef; BRYCHTA, Josef; JURKO, Jozef. *Top trendy v obrábění, I. část – Obráběné materiály*. Žilina : Media/ST, s.r.o. Žilina, 2006. 205 s. ISBN 80–968954–2–7.
- [3] ZAJAC, Jozef; JURKO, Jozef; ČEP, Robert. *Top trendy v obrábění, II. část – Nástrojové materiály*. Žilina : Media/ST, s.r.o. Žilina, 2006. 193 s. ISBN 80–968954–2–7.
- [4] VASILKO, Karol; HAVRILA, Michal; MARCINCIN-NOVÁK, Jozef; MÁDL, Jan; ZAJAC, Jozef. *Top trendy v obrábění, III. část – Technologie obrábění*. Žilina : Media/ST, s.r.o. Žilina, 2006. 214 s. ISBN 80–968954–2–7.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Robert Čep, Ph.D.**


Konzultant diplomové práce: Ing. Marián Vraštil

Datum zadání: 17.12.2010

Datum odevzdání: 23.05.2011




doc. Ing. Robert Čep, Ph.D.
vedoucí katedry


prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě.....20.5.2011.....

.....Michal Brouček.....
podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- беру на ве́домі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 20.5.2011.....

Břetislav Přecechtěl
.....
Podpis

Jméno a příjmení autora práce: Břetislav Přecechtěl

Adresa trvalého bydliště: Charváty, Drahlov 168

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

PŘECECHTĚL, Břetislav. *Návrh technologie výroby unašeče trakčního převodu lokomotivy*. Ostrava, 2011. 59 s. Diplomová práce. VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra obrábění a montáže. Vedoucí práce: doc. Ing. Robert Čep, Ph.D

Diplomová práce se zabývá návrhem nové technologie výroby unašeče trakčního převodu lokomotivy ve firmě Kovoobrábění Vraštil. Úvodní část práce je zaměřena na problematiku obrábění rozměrných součástí. V hlavní části práce je proveden rozbor stávající technologie výroby unašeče a na základě tohoto rozboru je navržena nová technologie výroby. Návrh nové technologie zahrnuje volbu nových strojů, nástrojů a řezných parametrů a nový technologický postup. V závěru práce je provedeno technicko-ekonomické zhodnocení s uvedením časových a finančních úspor.

ANNOTATION OF MASTER THESIS

PŘECECHTĚL, Břetislav. *Production Technology Proposal of Locomotive's Tenon Traction Transmission*. Ostrava, 2011. 59 p. Master Thesis. VŠB - Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Machining and Assembly. Thesis head: doc. Ing. Robert Čep, Ph.D

This thesis deals with suggestion of the new production technology locomotive's tenon traction transmission in the company Kovoobrábění Vraštil. The first section is focused on machining sizable parts. In the next section is an analysis antecedent production technology. Based on this analysis is suggested new production technology. The suggestion includes selection machine tools, cutting tools, cutting conditions and new technological process. The final section of the thesis contains technical economic evaluation. There are stated time and financial savings.

Obsah

Seznam použitého značení.....	7
1 Úvod do problematiky.....	8
2 Problematika obrábění rozměrných součástí.....	9
2.1 Soustružení rozměrných součástí.....	9
2.2 Frézování rozměrných součástí.....	12
2.3 Vrtání a vyvrtávání	14
2.4 Obráběcí centra pro rozměrné obrobky	15
3 Rozbor stávající technologie výroby	17
3.1 Popis vyráběné součásti	17
3.2 Charakteristika materiálu vyráběné součásti a podmínky pro jeho obrábění.....	18
3.3 Obráběcí stroje použité při stávající technologii.....	19
3.4 Výčet nástrojů využitých při stávající technologii výroby	22
3.5 Stávající technologický postup.....	29
4 Návrh nové technologie výroby unášeče	35
4.1 Volba strojů pro novou technologii výroby	35
4.2 Volba nástrojů a pro novou technologii výroby.....	39
4.3 Návrh řezných parametrů	46
4.4 Nový technologický postup	48
5 Technicko-ekonomické zhodnocení	53
6 Závěr.....	57
Použitá literatura.....	58
Přílohy	60

Seznam použitého značení

Značení	Význam	Jednotka
A	Tažnost	[%]
CBN	Kubický nitrid boru	
F_m	Maximální síla při tahové zkoušce	[kN]
HSS	Výkonná rychlořezná ocel	
HSSE	Vysoce výkonná rychlořezná ocel legovaná 5% Co	
L_0	Počáteční délka vzorku při tahové zkoušce	[mm]
R_m	Mez pevnosti v tahu	[MPa]
$R_{p0,2}$	Smluvní mez kluzu	[MPa]
SK	Slinutý karbid	
Tk	Čas pro provedení operace u všech kusů výrobní dávky	[min]
Tp	Čas pro přípravu operace	[min]
VBD	Vyměnitelná břitová destička	
Z	Kontrakce	[%]
a_p	Axiální hloubka řezu	[mm]
$a_{p \max}$	Maximální axiální hloubka řezu	[mm]
$a_{p \min}$	Minimální axiální hloubka řezu	[mm]
d_0	Výchozí průměr vzorku při tahové zkoušce	[mm]
f_{ot}	Posuv na otáčku	[mm]
$f_{z \max}$	Maximální posuv na zub	[mm]
$f_{z \min}$	Minimální posuv na zub	[mm]
γ_f	Úhel čela nástroje v rovině boční	[°]
γ_p	Úhel čela nástroje v rovině zadní	[°]
ε	Úhel špičky vrtáku	[°]
λ	Úhel stoupání šroubovice	[°]
λ_s	Úhel sklonu ostří	[°]

1 Úvod do problematiky

Strojírenská výroba je významnou částí ekonomiky každého státu. Konkurence v tomto oboru vytváří tlak na podniky, aby produkovaly výrobky v požadované kvalitě a s co nejnižšími cenami. Konkurence a trhy se na základě konkrétních požadavků zákazníků průběžně mění. Změny probíhají rychlejším tempem a požadavky zákazníků jsou stále náročnější, realizace těchto požadavků se stále zkracují.

Obrábění je jedním z řady výrobních procesů, jde o dynamickou technologii, která zaujímá ve strojírenské výrobě významné místo. Náklady na obrábění součásti často tvoří podstatnou část nákladů na výrobek, proto je důležité, aby probíhalo efektivně s nízkými náklady. Na výsledek třískového obrábění má vliv celá řada proměnných veličin, jako jsou obráběcí stroje, materiály obrobků, rozměry a konstrukční charakteristiky obrobků, velikosti výrobních sérií, volba nástrojů, volba řezných parametrů, stupeň automatizace apod. Konkurenceschopnost strojírenských podniků je z velké části založena na schopnosti neustálého zlepšování a inovací výrobního procesu. Možnosti zdokonalení lze hledat ve zlepšení organizačních opatření a v oblasti výrobních prostředků a výrobních technologií. Pravděpodobně nejdůležitější problém, jehož řešením lze zajistit nejvyšší růst produktivity, je využití času. Jedním z hlavních úkolů technologie obrábění je prostřednictvím zkracování výrobního času, zvyšovat využití výrobního zařízení. Spotřeba času na obrábění lze do značné míry snížit zintenzivněním řezných podmínek, podle toho je třeba také uzpůsobit volbu strojů a nástrojů. Uvádí se, že řezné nástroje představují asi jen pět procent z celkových výrobních nákladů, přesto mají významný vliv na proces obrábění, délku operací a prostoje strojů.

Cílem této diplomové práce je na základě rozboru stávající technologie výroby unašeče trakčního převodu lokomotivy navrhnout novou technologii výroby této součásti, a tím dosáhnout snížení spotřeby času a snížení nákladů na obrábění. Výroba unašeče probíhá v podmínkách firmy Kovoobrábění Vraštil.

2 Problematika obrábění rozměrných součástí

Strojírenské podniky zabývající se obráběním rozměrných součástí musí řešit problémy spojené s manipulací, upínáním, obráběním a kontrolou obrobků o vysoké hmotnosti, velkých rozměrech a také značně vysoké ceně těchto součástí. Nesnadná manipulace s obráběnými součástmi vede ke snaze tyto součásti obrobit na co nejmenší počet upnutí. V případě dlouhých obrobků s malým průřezem hrozí prohýbání součástí vlivem vlastní hmotnosti. Při manipulaci s obrobky je třeba používat vhodné manipulační zařízení. Pro obrábění velkých obrobků se používají speciální stoje, na které jsou vzhledem k ceně těchto výrobků kladeny vysoké nároky na přesnost a spolehlivost. Vysoké nároky jsou kladeny také na obsluhu těchto strojů. Pro obrábění rozměrných obrobků je třeba zvolit vhodné nástroje a řezné parametry tak, aby byla dosažena požadovaná přesnost a jakost povrchu. Při dokončování musí řezná destička vydržet po celou dobu záběru dostatečně ostrá, protože v případě výměny nástroje během záběru by mohlo dojít ke vzniku nerovností v přechodovém místě.

2.1 Soustružení rozměrných součástí

Soustružení je obráběcí metoda používaná pro výrobu součástí převážně rotačních tvarů, využívající zejména jednobřité nástroje. Soustružení představuje nejjednodušší a často využívanou metodu obrábění.

Soustruhy používané pro obrábění rozměrných součástí

Pro soustružení rozměrných součástí se používají podle tvaru součásti horizontální hrotové soustruhy nebo svislé soustruhy. Zřídka se lze setkat s použitím čelních soustruhů, které bývají nahrazovány svislými soustruhy [1].

Hrotové soustruhy

Hrotové soustruhy se používají v malosériové a kusové výrobě. Jsou vhodné pro soustružení hřídelů i přírubových součástí rozličných tvarů a rozměrů bez náročného seřizování stroje [2]. Lze na nich obrábět vnější i vnitřní rotační plochy, kuželové plochy, čelní plochy, tvarové plochy a řezat závit. Velikost hrotových soustruhů se posuzuje

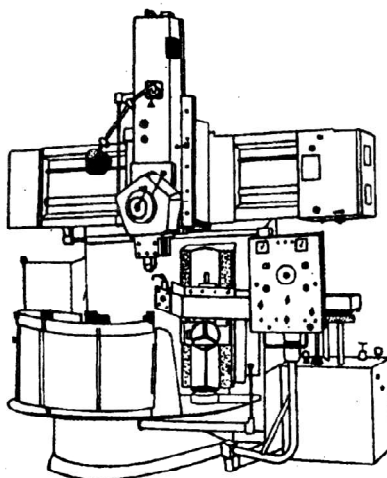
podle maximálního oběžného průměru nad ložem a podle maximální vzdálenosti mezi hroty.



Obr. 2.1 Horizontální soustruh Škoda SR [3].

Svislé soustruhy

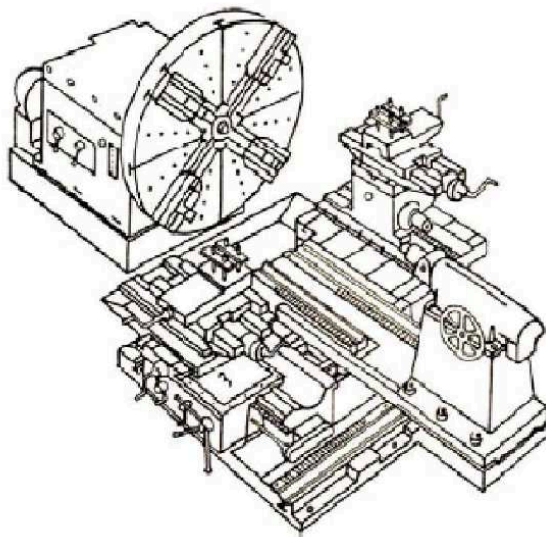
Používají se v kusové i sériové výrobě středních a velkých součástí přírubového tvaru. Na těchto soustruzích lze obrábět vnitřní i vnější válcové plochy, kuželové plochy, řezat závity a případně také obrábět tvarové plochy. Vyrábějí se buď jako jedno stojanové nebo dvou stojanové. Hlavní části jedno stojanového svislého soustruhu jsou: otočný stůl, stojan, příčník a suporty. Jeden suport je vodorovně posuvný na příčníku, druhý suport se pohybuje po svislém vedení přímo na stojanu. Dvou stojanové svislé soustruhy mají dva stojany, po kterých se pohybuje příčník. Na příčníku jsou většinou dva suporty. Další suport je na jednom, případně obou stojanech.



Obr. 2.2 Svislý jedno stojanový soustruh [4].

Čelní (lícní) soustruhy

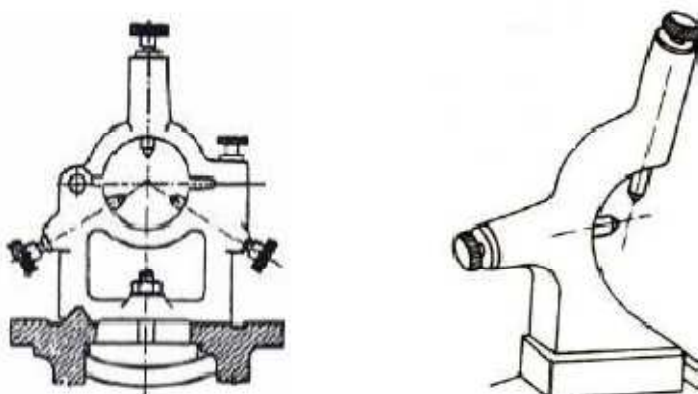
Používají se pro obrábění přírubových součástí s malou délkou. Bývají vybaveny jedním nebo dvěma podélnými suporty a některé mají i koník pro podepření obrobku. Obrobky se upínají na lícní desku.



Obr. 2.3 Čelní soustruh [5].

Upínání obrobků

Upnutí obrobku musí být spolehlivé, jednoduché, rychlé, dostatečně tuhé a musí zajišťovat jednoznačnou polohu obrobku vzhledem k nástroji. Při volbě způsobu upnutí je rozhodující tvar obrobku, hmotnost obrobku a požadovaná přesnost. Nejpoužívanějším upínacím zařízením jsou univerzální sklíčidla. Obrobky s poměrem délky ku průměru větším než 2 až 3 se upínají mezi hroty, tento způsob je vhodný i při vyšších požadavcích na přesnost. Štíhlé obrobky, u kterých hrozí deformace vlivem řezných sil případně vlastní váhy obrobku, se podkládají lunetami. Lunety mohou být pevné nebo posuvné (připevněny k suportu). Těžší a kratší obrobky se upínají na upínací desky, které mají samostatně stavitelné čelisti. Upínací deska je rovněž použitelná v případě obrobků komplikovaného tvaru, které nelze upnout mezi čelisti.



Obr. 2.4 Pevná a pohyblivá luneta [5].

Soustružnické nástroje

Soustružnické nože lze z hlediska konstrukce rozdělit na:

- celistvé,
- s pájenými břitovými destičkami,
- s výměnnými břitovými destičkami.

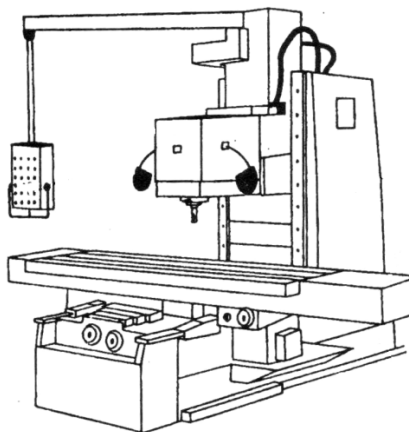
Celistvé nože mají držák i řeznou část z jednoho materiálu (nástrojová nebo rychlořezná ocel). Nože s pájenými destičkami mají destičky většinou ze slinutého karbidu popř. rychlořezné oceli připájené do držáku s konstrukční oceli. Nože s výměnnými břitovými destičkami mají destičku mechanicky upnutou v nožovém držáku. K upínání destiček se používá různých upínacích systémů. Výměnné břitové destičky mohou být z různých nástrojových materiálů. V případě obrábění rozměrných součástí musí být nástroje osazeny vhodnými výkonnými materiály, které jsou schopny obráběnou plochu obrobit při minimálním opotřebení břitu. Kromě často používaných slinutých karbidů přichází v úvahu ještě řezná keramika a supertvrdé materiály.

2.2 Frézování rozměrných součástí

Frézování patří mezi velmi časté metody obrábění. Touto metodou lze obrábět rovinné plochy, tvarové plochy, drážky různých profilů, závity a ozubení. Frézky lze rozdělit do čtyř základních skupin: frézky konzolové, stolové, rovinné a speciální. Konzolové frézky jsou vhodné pro obrábění malých a středních součástí. Pro obrábění rozměrnějších a těžších součástí se používají frézky stolové a rovinné.

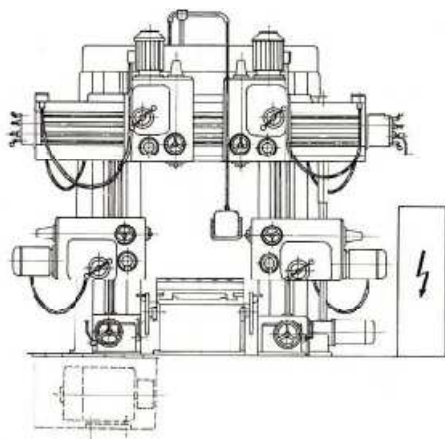
Stolové a rovinné frézky

Stolové frézky mají obvykle podélný a příčný stůl. Pohyb ve třetí ose je zajišťován posuvem vřeteníku po svislém vedení stroje. Tyto frézky jsou vyráběny ve svislém a vodorovném provedení.



Obr. 2.5 Svislá stolová frézka

Rovinné frézky patří mezi nejvýkonnější obráběcí stroje. Jsou uplatnitelné v kusové a sériové výrobě rozměrných a těžkých obrobků. Mají pracovní stůl posuvný jen v podélném směru. Pohyb v příčném a svislém směru je zajištěn přesouváním vřeteníku. Rovinné frézky mohou mít i více vřeteníků (horizontální i svislé). V některých případech jsou konstruovány jako portálové.



Obr. 2.6 Rovinná portálová frézka [5].

Nástroje a upínání obrobků při frézování rozměrných součástí

Frézování má ve strojírenské výrobě mnohostranné uplatnění, proto se v současné době používá mnoho typů fréz. Výrobci frézovacích nástrojů se zaměřují na zvyšování výkonu obrábění a využití intenzivních řezných podmínek. Při obrábění rozměrných obrobků na rovinných frézkách se obrábí nejčastěji frézovacími hlavami (obrábění vodorovných, svislých i šikmých ploch) a stopkovými frézami (drážky a úzké plochy). Obrobky se upínají na pracovní stůl pomocí vhodných upínacích pomůcek, jako jsou upínky, opěrky, podpěry apod.

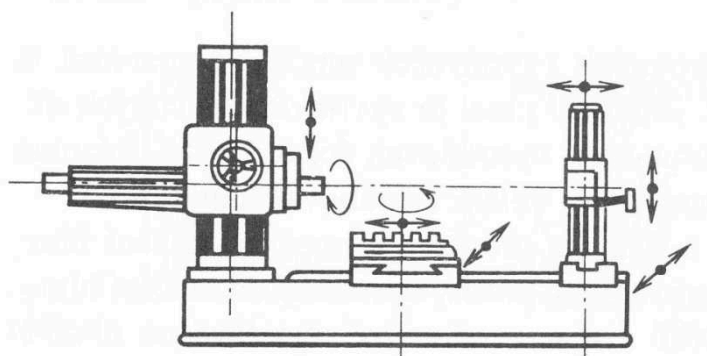
2.3 Vrtání a vyvrtávání

Pro vrtání děr do rozměrných obrobků lze použít vrtačky popřípadě soustruhy, vyvrtávačky a obráběcí centra. Vrtačky lze rozčlenit na stolní, sloupové, stojanové, otočné, vodorovné na hluboké díry a speciální [2]. Velikost vrtaček lze posuzovat podle maximálního průměru díry, kterou lze na vrtačce vyvrtat do plného materiálu do oceli střední pevnosti. Pro vrtání do rozměrnějších a těžších obrobků se používají otočné vrtačky. Jejich charakteristickým rysem je svisle přestavitelné rameno. Rameno bývá uloženo na buď na otočném stojanu skříňového typu, nebo bývá na sloupu. Na ramenu je ve vodorovném směru přestavitelný vřeteník. Zvláštním provedením otočných vrtaček jsou přenosné montážní vrtačky. Velkou výhodou těchto vrtaček je, že mohou obrábět díry i v těžkých součástech [5]. Tyto vrtačky mají možnost nastavení vřeteníku do libovolné polohy a otáčení ramena v rozsahu 360 °, což umožňuje vrtání ve velkém prostoru.

Práce na stolových a deskových vyvrtávačkách

Vyvrtávací stroje se využívají zejména v malosériové výrobě. Jde o univerzální stroje. Lze na nich pracovat všemi osovými nástroji. Základní prací je vyvrtávání válcových děr, ale lze na nich i vrtat, vyhrubovat, vystružovat, frézovat, řezat závit, obrábět zápichy v dírách, zarovnávat čela, zahlubovat. Pomocí zvláštních přípravků lze na vodorovných vyvrtávačkách také obrábět vnější válcové plochy a kuželové plochy.

Stolové vyvrtávačky jsou charakterizovány pracovním stolem, který se pohybuje po příčných saních. Na stojanu je svisle přestavitelný vřeteník, na opačné straně lože je opěrný stojan s výškově přestavitelným ložiskem pro vedení vyvrtávací tyče.



Obr. 2.7 Vodorovná stolová vyvrtávačka [6]

Deskové vyvrtávačky mají místo stolu upínací desku, podél které se pohybuje stojan s výškově přestavitelným vřeteníkem. Pracovní vřeteno se může otáčet a zároveň vysouvat z vřeteníku.

2.4 Obráběcí centra pro rozměrné obrobky

Obráběcí centra umožňují provést při jednom upnutí obrobku několik technologických operací. To umožňuje zkrácení času potřebného k manipulaci a přepínání rozměrných obrobků. Za obráběcí centrum považujeme takový číslicově řízený stroj, který [7]:

- pracuje v automatickém obráběcím cyklu,
- umožňuje provádět více operací na jedno upnutí,
- má automatickou výměnu nástrojů,
- může být vybaven systémem pro automatickou výměnu obrobků,
- je vybaven prvky diagnostiky a měření,
- může realizovat víceosé obrábění.

Podle typu obrobků lze obráběcí centra rozdělit na rotační (soustružnická centra) a nerotační (frézovací centra).

Soustružnická obráběcí centra

Hlavní řezný pohyb soustružnických strojů je rotační, který vykonává obrobek. Soustružnická centra mohou být realizovány s vodorovnou osou, se svislou osou nebo jako multifunkční stroje (s vodorovnou a svislou osou) [7].

Frézovací centra

Podle polohy vřetena je můžeme rozdělit na horizontální a vertikální. Lze na nich nejen frézovat ale i vrtat vystružovat a řezat závity. Tyto stroje mívají tři, nebo i více pracovních os.



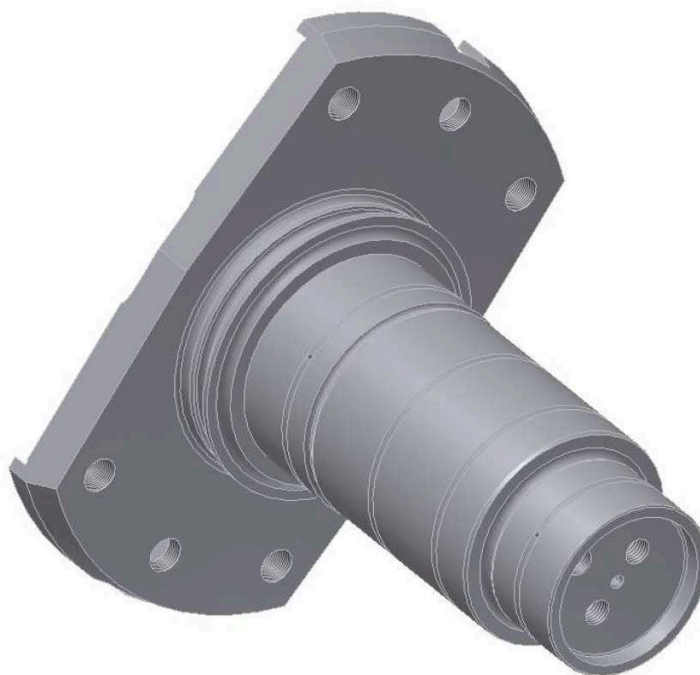
Obr. 2.8 Horizontální frézovací centrum TRIMILL VF 4525 [8]

3 Rozbor stávající technologie výroby

Výroba probíhá ve firmě Kovoobrábění Vraštil. Tato firma byla založena v roce 1994 Jaroslavem Vraštilem. Od založení byla pro firmu prioritou kvalita a rychlost dodávek dle přání zákazníka. V roce 1994 se nabídka rozšířila o velkého odběratele, kterými jsou České dráhy. To bylo impulzem pro rozšíření strojového parku, výrobních prostor a příjem nových pracovníků. Firma byla schopna uspokojovat mnohem větší a náročnější zakázky, neopomíjela přitom ani malé a drobné odběratele a kusová výroba v krátkém termínu je stále předností firmy. V současné době firma disponuje 67 obráběcími stroji a zaměstnává 38 zaměstnanců a 2 externí pracovníky.

3.1 Popis vyráběné součásti

Obráběnou součástí je unašeč trakčního převodu do lokomotivy řady 242, zde slouží k přenosu pohybu na ozubené kolo převodového ústrojí mezi nápravou a trakčním motorem. Výkres součásti je přiložen k diplomové práci jako příloha. Vzhledem k vysoké hmotnosti polotovaru i hotové součásti je k potřebné manipulaci během výroby využíván zvedací vrátek.



Obr. 3.1 Model unačeče

Popis polotovaru součásti

Výchozím polotovarem je výkovek, který je zhotovený volným kováním. Výkres výkovku je přiložen k diplomové práci. Materiál součásti je 34CrNiMo6 (ekvivalentní značení podle ČSN: 16 343). Jde o nízko legovanou chrom-nikl-molybdenovou ocel ke zušlechtní.

3.2 Charakteristika materiálu vyráběné součásti a podmínky pro jeho obrábění

Ocel 34CrNiMo6 má vysokou prokalitelnost a je vhodná pro vysoce namáhané strojní díly. Ve zušlechtném stavu má příznivý poměr meze pevnosti k mezi kluzu a vysokou houževnatost. Vysoká houževnatost této oceli brzdí šíření únavových trhlin, proto se vyznačuje vysokými hodnotami meze únavy při střídavém způsobu namáhání. Tato ocel není náchylná k popouštěcí křehkosti [9].

Tab. 3.1 Chemické složení oceli 34CrNiMo6 podle inspekčního certifikátu 3.1

Prvek	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	N
Hmotnostní podíl [%]	0,35	0,64	0,23	0,012	0,028	1,49	1,45	0,204	0,0088

Tab. 3.2 Vlastnosti materiálu získané zkouškou tahem

Vzorek	d ₀ [mm]	L ₀ [mm]	F _m [kN]	R _m [MPa]	A [%]	R _{p0,2} [MPa]	Z [%]
1	9,5	50	64,9	916	16,6	769	65,3
2	10,0	50	72,6	925	18,4	772	64,0

Tvrdost výrobku: 252 – 272 HB.

Doporučené podmínky pro obrábění ocelí k zušlechtní

Obrobitelnost těchto ocelí závisí do značné míry na obsahu jednotlivých legujících prvků a tepelném zpracování. Tyto materiály je vhodné obrábět ve stavu normalizačně žíhaném, nebo ve stavu žíhaném na měkko, čímž lze dosáhnout dobré obrobitelnosti a malého opotřebení nástrojů. Součásti, které jsou určeny k zušlechtní, se nejprve předhrubují ve vyžíhaném stavu a po zušlechtní se dokončí. Obrábění načisto je pak vhodné provádět při nízkých řezných rychlostech (tím lze dosáhnout snížené opotřebení nástroje) za použití nástrojů ze slinutých karbidů skupiny P. Rychlořezná ocel je vhodná

pouze při vrtání a řezání závitů. Použití řezné keramiky či CBN je vhodné pouze při tvrdosti obráběného materiálu vyšší než 45 HRC [10].

3.3 Obráběcí stroje použité při stávající technologii

V současné době probíhá obrábění součástí na konvenčních obráběcích strojích. Použité stroje spolu s výčtem jejich základních parametrů jsou uvedeny níže.

Vodorovná vyvrtávačka H 80

Na tomto stroji se navrtávají středící důlky. Obecně je vyvrtávačka H 80 určena k vrtání, vyvrtávání, frézování, řezání závitů a vystružování v kusové a sériové výrobě.

Technické parametry stroje:

průměr pracovního vřetena 80 mm,
upínací kužel MORSE 5,
otáčky vřetena 5,6 – 1 000 min⁻¹,
výkon motoru vřetena 5,5 kW,
upínací plocha stolu 900 mm × 1 120 mm.

Soustruh SU 50 A

Soustruhy SU 50 A jsou univerzální a spolehlivé soustruhy s masivním rámem. Jsou vybaveny dvěma motory, kdy druhý motor je přiřaditelný a používá se pro hrubování. Tento stroj je v původní technologii výroby využit pro všechny soustružnické operace. Používá se k hrubování součástí před tepelným zpracováním i k dokončovacím soustružením.

Technické parametry stroje:

oběžný průměr nad ložem 500 mm,
oběžný průměr nad suportem 300 mm,
vzdálenost mezi hroty 1 500 mm,
výkon motoru 5,5/11 kW,
rozsah otáček vřetena 11,2 min⁻¹ – 1 400 min⁻¹.



Obr. 3.2 Vodorovná vyvrtávačka H80



Obr. 3.3 Soustruh soustruh SU 50 A

Frézka FA 3 B

Frézka FA 3B je univerzální konzolová frézka. Zde se provádí frézovací operace, jde zejména o obrábění tvaru hlavy unašeče, frézování drážek a vrtání. Pomocí univerzální vyvrtávací hlavy se na této frézce provádí také vytáčení otvorů.

Technické parametry stroje:

upínací rozměry stolu 300 mm × 1375 mm,
podélný posuv 890 mm,
svislý posuv 350 mm,
příčný posuv 225,
upínací kužel vřetena ISO 40,
výkon hlavního elektromotoru 5,5 kW.

Vrtačka VS 32

Je vhodná pro vrtání a vystružování v kusové a sériové výrobě. V původní technologii výroby je tento stroj využit k vrtání a prohlubování mazacích otvorů a řezání závitů.

Technické parametry stroje:

upínací kužel vřetena Morse 4,
max. průměr vrtání 32 mm,
maximální otáčky vřetena 2 240 min⁻¹,
rozměry plochy upínacího stolu 316 mm × 400 mm,
výkon elektromotoru 1,6 kW.



Obr. 3.4 Frézka FA 3 B



Obr. 3.5 Vrtačka VS 32

Bruska BH 40

Jde o hrotovou brusku. Tyto brusky se používají k broušení ploch na rotačních obrobcích v kusové a sériové výrobě. Bruska BH 40 je v původní i nově navržené technologii výroby využita pro broušení přesných průměrů.

Technické parametry:

maximální oběžný průměr 400 mm,

vzdálenost mezi hroty 2 000 mm,

výkon hlavního elektromotoru 16 kW.



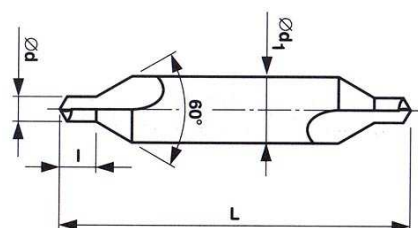
Obr. 3.6 Bruska BH 40

3.4 Výčet nástrojů využitých při stávající technologii výroby

Středící vrtáky A5, A1

Tab. 3.3 Rozměry nástrojů

Nástroj	d [mm]	d ₁ [mm]	L max [mm]	l max [mm]	Materiál
Středící vrták A1	1	3,15	33,5	1,9	HSS
Středící vrták A5	5	12,5	66	7,5	HSS



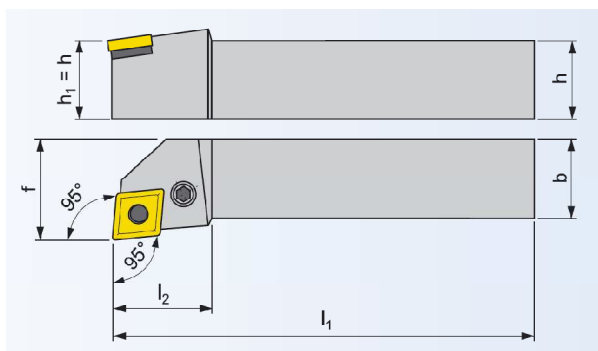
Obr. 3.7 Středící vrták [11]

Nůž Pramet PCLNR 2525 M 12 KT824

Nástroj je osazen břitovými destičkami Pramet CNMG 120408E-R. Materiál VBD je 9320. Jde o VBD z povlakovaného slinutého karbidu. Tento nástroj se při původní i nové technologii výroby používá k hrubování součásti před tepelným zpracováním.

Tab. 3.4 Rozměry nástroje PCLNR/L 2525 M 12

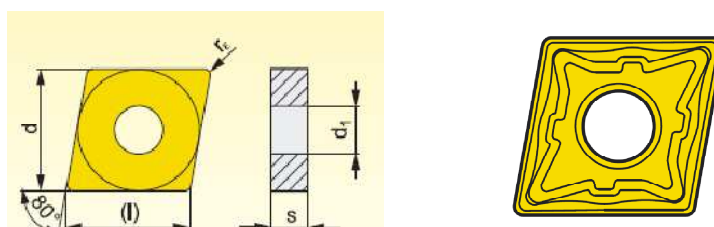
$h = h_1$ [mm]	b [mm]	f [mm]	l_1 [mm]	l_{2max} [mm]	λ_s [°]	γ_o [°]
25	25	32	150	36	-6	-6



Obr. 3.8 Nůž PRAMET PCLNR/L [12]

Tab. 3.5 Rozměry břitové destičky CNMG 120408E-R a doporučený rozsah použití

(l)	d	d ₁	s	r _ε	f _{ot}	a _p
[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
12,9	12,7	5,16	4,76	0,8	0,17 – 0,6	0,6 – 6



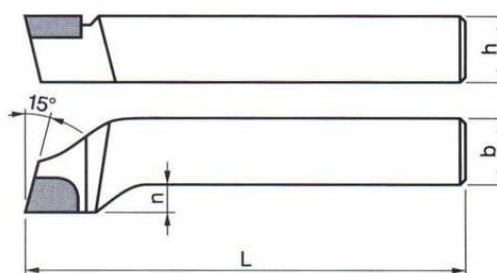
Obr. 3.9 Břitová destička CNMG-R [12]

Ubírací nůž stranový DIN 4980 25×25 R, DIN 4980 25×25 L

Ubírací nůž stranový pravý je při původní technologii výroby využit při hrubovacím obrábění před tepelným zpracováním i soustružení na čisto. Ubírací nůž stranový levý se při původní technologii používá při obrábění hlavy unašeče po tepelném zpracování.

Tab. 3.6 Rozměry nástroje

h	b	L	n	Typ SK destičky:
[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	
25	25	140	10	S30



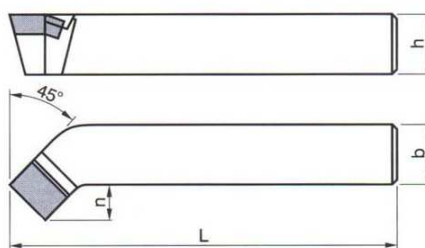
Obr. 3.10 Ubírací nůž stranový DIN 4980 25×25 R [11]

Ubírací nůž vyhnutý DIN 4972 25×25 R

Používá se při hrubování hlavy unašeče před tepelným zpracováním, pro soustružení průměru pro lunetu a pro obrábění hlavy i dříku unašeče po tepelném zpracování.

Tab. 3.7 Rozměry nástroje

h [mm]	b [mm]	L [mm]	n [mm]	Typ SK destičky:
25	25	140	12	S30



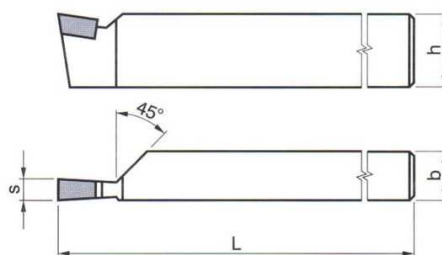
Obr. 3.11 Ubírací nůž vyhnutý DIN 4972 [11]

Zapichovací nůž DIN 4981 25×16 R

V původní technologii výroby je použit k soustružení zápichů. Při soustružení zápichů se zaobleným dnem nebo zaoblenými hranami na dně zápichu se používají tyto nožem s břitem vybroušeným do příslušného poloměru.

Tab. 3.8 Rozměry nástroje

h [mm]	b [mm]	L [mm]	s [mm]	Typ SK destičky:
25	16	140	6	S30



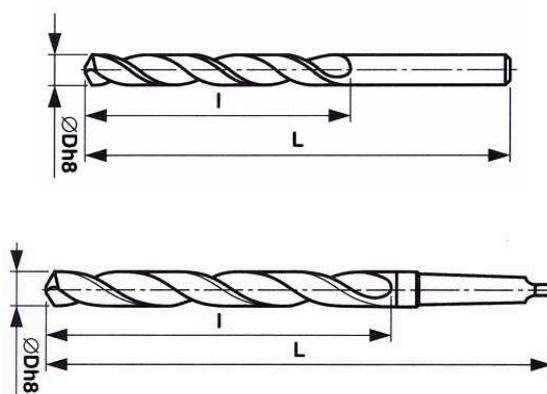
Obr. 3.12 Zapichovací nůž DIN 4981 [11]

Vrtáky:

- Ø3 DIN 340 RN
- Ø4 DIN 340 RN
- Ø5 DIN 340 RN
- Ø5 DIN 1869 RN
- Ø13,8 DIN 345 RN
- Ø14,25 DIN 345 RN
- Ø13,8 s rovným čelem
- Ø14,25 s rovným čelem
- Ø18,25 DIN 345 RN

Tab. 3.9 Rozměry nástrojů

D [mm]	L [mm]	l [mm]	Úhel špičky ε [°]	Úhel šroubo- vice λ [°]	Materiál
3	100	66	128	25 – 30	HSSE
4	119	78	128	25 – 30	HSSE
5	132	87	128	25 – 30	HSSE
5	245	170	118	25 – 30	HSS
13,8	189	108	118	25 – 30	HSS
14,25	212	114	118	25 – 30	HSS
18,25	233	135	118	25 – 30	HSS

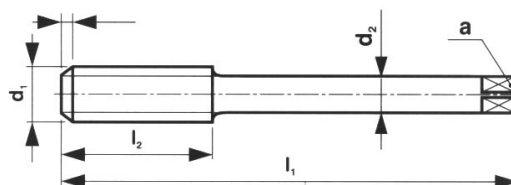


Obr. 3.13 Vrták DIN 338 RN a vrták DIN 345 RN [11]

Strojní závitníky M20 × 1,5 DIN 374; M16 DIN 376; M16×1,5 DIN 374

Tab. 3.10 Rozměry nástrojů

d_1	d_2 [mm]	Rozteč P [mm]	Lícování	a [mm]	l_1 [mm]	l_2 [mm]	Řezný kužel [mm]	Úhel šroubo- vice λ [°]	Materiál
M16	12	2	6H	9	110	20	5	35	HSSE
M16×1,5	12	1,5	6H	9	100	16	3,75	35	HSSE
M20×1,5	16	1,5	6H	12	125	25	3	-	HSSE



Obr. 3.14 Závitník DIN 376 [11]

Univerzální vyvrtávací hlava Vhu 125

Vyvrtávací hlavy se používají k přesnému vyvrtávání otvorů a obrábění vnějších válcových ploch. Při využití samočinného posuvu saní lze obrábět čelní plochy otvorů, zapichovat a vytvářet kuželové plochy. Tyto hlavy bývají dodávány včetně základního příslušenství. V původní technologii výroby je tato hlava použita k hrubování tvaru hlavy unašeče a dále k vytáčení kruhového otvoru Ø82 H8.



Obr. 3.15 Univerzální vyvrtávací hlava Vhu 125 [13]

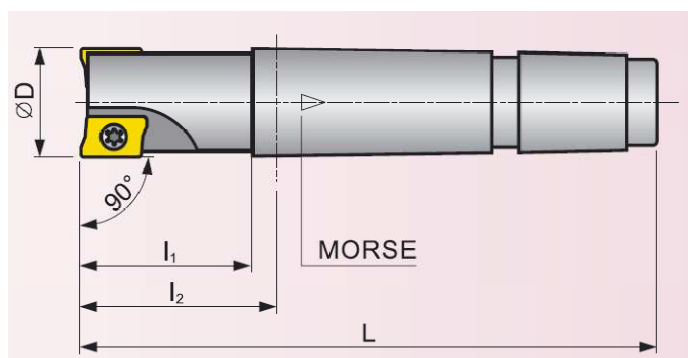
Stopková fréza Pramet 32A3R043E03-SAD16E-C

Tento nástroj je použit při frézování tvaru hlavy unašece na hotovo. Nástroj je osazen výměnnými břitovými destičkami ADMX 160608SR-M. Materiál VBD destiček je 8230.

Tab. 3.11 Rozměry nástroje

D [mm]	L [mm]	l_1 [mm]	l_2 [mm]	Počet břitů	Úhel čela γ_p [°]	Úhel čela γ_f [°]
32	100	38	43	3	5 až 10	- 8,2 až -13

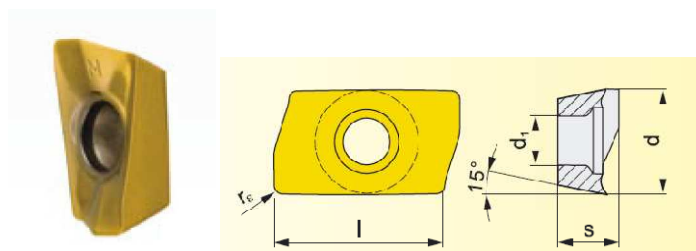
Maximální hloubka řezu $a_{p \max}$: 13 mm



Obr. 3.16 Stopková fréza Pramet SAD16E [15]

Tab. 3.12 Rozměry VBD a doporučený rozsah použití

l [mm]	d [mm]	d_1 [mm]	s [mm]	r_ϵ [mm]	$f_{z \min}$ [mm]	$f_{z \max}$ [mm]	$a_{p \min}$ [mm]	$a_{p \max}$ [mm]
16	9,95	4,5	6,25	0,8	0,1	0,25	1	13



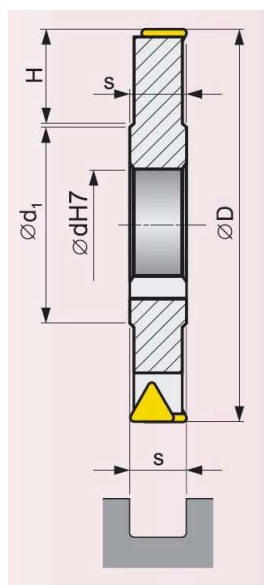
Obr. 3.17 Břitová destička ADMX-M [15]

Kotoučová fréza Pramet 125H04N-F90TP16P18

V původní technologii je tato fréza použita k frézování výběhu z drážky o šířce 25 P8 na hlavě unašeče. Fréza je osazena břitovými destičkami TPCN 1603PDSN. Materiál VBD je 8230.

Tab. 3.13 Rozměry nástroje Pramet 125H04N-F90TP16P18

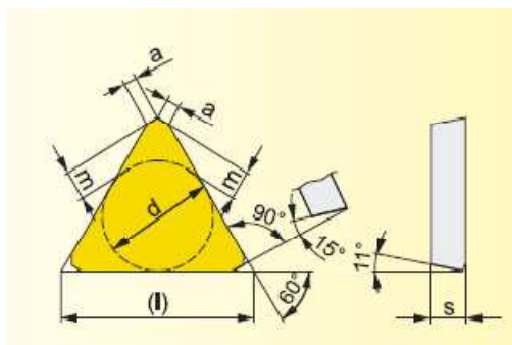
D [mm]	d [mm]	H [mm]	s [mm]	d ₁ [mm]	Počet zubů	Úhel čela γ_p [°]	Úhel čela γ_f [°]
125	40	33	18	58	4 + 4	+2	+2,5



Obr. 3.18 Kotoučová fréza F90TP16N [15]

Tab. 3.14 Rozměry břitové destičky TPCN 1603PDSN a doporučený rozsah použití

(l) [mm]	d [mm]	s [mm]	m [mm]	f _{z min} [mm]	f _{z max} [mm]	a _{p min} [mm]	a _{p max} [mm]
16,1	9,53	3,18	2,45	0,12	0,25	0,50	16



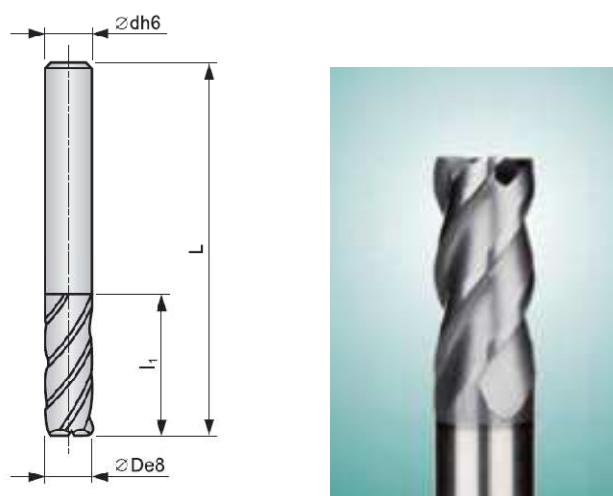
Obr. 3.19 Břitová destička TPCN [15]

Stopková fréza Pramet 20E4S100-38A20 SUMA

Tato fréza se v původní technologii výroby používá pro frézování drážek a při frézovacích operacích na dřívku unašeče. Materiál nástroje je slinutý karbid tipu WC – Co s povlakem AlTiN.

Tab. 3.15 Rozměry nástroje Pramet 20E4S100-38A20 SUMA

D [mm]	d [mm]	l_1 [mm]	L [mm]	Počet břitů	Úhel čela γ [°]	Úhel šroubo- vice λ [°]
20	20	38	100	4	10	40



Obr. 3.20 Stopková fréza Pramet E4S [14]

3.5 Stávající technologický postup

Stávající výroba probíhá na konvenčních strojích bez číslicového řízení. Polotovarem pro obrábění je výkovek. Při obrábění je využívána procesní kapalina DASCOSPEED. Jde vodou mísitelnou procesní kapalinu na bázi minerálního oleje s EP-přísadami s širokou možností použití pro náročné i běžné obrábění. Hrubování součásti se provádí podle hrubovacího výkresu, který je přiložen k diplomové práci jako příloha.

V technologickém postupu jsou uvedeny časy na přípravu operace (T_p) a časy na provedení dané operace pro celou výrobní dávku dvanácti kusů (T_k) v minutách. Řezná rychlost (v_c) je uváděna v $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$, otáčky (n) v min^{-1} , posuv na otáčku (f_{ot}) v mm a posuv za minutu (f_{min}) v $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$.

Technologický postup:

Počet kusů: 12

Pořadí	Operace	Tp	Tk
10	Horizontka H 80 Upnout - na prizmatické podložky - vyrovnat - oboustranně navrtat Nástroje - středící vrták A5; $n = 450$; $f_{ot} = 0,12$ Měřidla - posuvné měřítko 150 mm	30	360
20	Soustruh SU 50 Upnout - za hlavu - podepřít - soustružit dřík dle hrubovacího výkresu Nástroje - vnější nůž PCLNR 2525 M 12; $n = 120$; $f_{ot} = 0,25$ Měřidla - posuvné měřítko 400 mm	30	1 440
30	Soustruh SU50 Upnout - za dřík - podepřít - soustružit $\varnothing 330$ - zarovnat čelo na $L=314$ pro hrot - použít hrubovací výkres Nástroje - vnější ubírací nůž vyhnutý 2525 DIN 4972; $n = 120$; $f_{ot} = 0,22$ - vnější nůž PCLNR 2525 M 12; $n = 120$; $f_{ot} = 0,25$ Měřidla - posuvné měřítko 400 mm	15	530
40	Soustruh SU50 Upnout - za dřík - podepřít lunetou - zarovnat zbývající část čela - soustružit vybrání na $\varnothing 305$ $L = 8$ - srazit hrany - použít hrubovací výkres Nástroje - vnější ubírací nůž vyhnutý 2525 DIN 4972; $n = 180$; $f_{ot} = 0,22$ - vnější zapichovací nůž 2516 DIN 4981; $n = 180$; $f_{ot} = 0,12$ - vnější stranový nůž 2525 DIN 4980; $n = 180$; $f_{ot} = 0,22$ Měřidla - posuvné měřítko 400 mm	10	840
50	Kalení - zušlechtit na mez pevnosti 910 MPa		

Pořadí	Operace	Tp	Tk
60	Soustruh SU 50	10	420
	Upnout - za hlavu čepu - podepřít - soustružit průměr pro lunetu Ø124 Nástroje - vnější ubírací nůž vyhnutý 2525 DIN 4972; $n = 250$; $f_{ot} = 0,25$ Měřidla - posuvné měřítko 300 mm		
70	Soustruh SU 50	15	1 380
	Upnout - podepřít lunetou - soustružit Ø320 - vybrání na Ø310H7 L=8 mm - vylehčení na Ø203 L= 3 mm - zápich do rohu R1 - úkos 15 ° - zavrátat středící důlek - srazit hrany Nástroje - vnější ubírací nůž vyhnutý 2525 DIN 4972; $n = 150$; $f_{ot} = 0,2$ - vnější stranový nůž 2525 DIN 4980 L+R; $n = 150$; $f_{ot} = 0,2$ - vnější zapichovací nůž 2516 DIN 4981 R1; R3; $n = 90$; $f_{ot} = 0,1$ - středící vrták A5; $n = 450$; $f_{ot} = 0,12$ Měřidla - posuvné měřítko 400 mm - kalibr Ø310H7		
80	Soustruh SU 50	20	2 520
	Upnout - do vytočených čelistí za Ø320 - podepřít - soustružit dřík dle výkresu - tolerované průměry s přídavkem na brus 0,4 mm - včetně zápichů - srazit hrany Nástroje - vnější stranový nůž 2525 DIN 4980; $n = 180$; $f_{ot} = 0,2$ - vnější ubírací nůž vyhnutý 2525 DIN 4972; $n = 180$; $f_{ot} = 0,2$ - vnější zapichovací nůž 2516 DIN 4981 R2,5; R3; R3,5; R4; R5; R6; $n = 180$; $f_{ot} = 0,1$ Měřidla - posuvné měřítko 300 mm		
90	Frézka FH 3B	15	840
	Upnout - na stůl - nastavit úkos - hrubovat tvar hlavy s přídavkem 5 mm na stěnu - odklopit hlavu a frézovat horizontálně Nástroje - nožová hlava Ø63; $n = 560$; $f_{min} = 160$ Měřidla - posuvné měřítko 150 mm		

Pořadí	Operace	Tp	Tk
100	Frézka FH 3B	30	2 160
	<p>Upnout - na stůl - vyrovnat - zafrézovat čelo dříku - frézovat vybrání Ø82 H8 hl. = 10 mm - navrtat 4 × středící důlek - vrtat otvor 2 × Ø13,8 - vrtat otvor Ø14,25 - vrtat otvor Ø4 a 2 × Ø5 dle výkresu - odjehlit</p> <p>Nástroje - nožová hlava Ø100; n = 850; $f_{min} = 450$ - vrták Ø13,8; n = 650; $f_{ot} = 0,12$ - vrták Ø13,8 rovné čelo; n = 650; $f_{ot} = 0,12$ - vrták Ø14,25; n = 650; $f_{ot} = 0,12$ - vrták Ø14,25 rovné čelo; n = 650; $f_{ot} = 0,12$ - vrták Ø5; n = 750; $f_{ot} = 0,1$ - fréza stopková 20E4S100 Ø20; n = 1450; $f_{min} = 180$ - středící vrták A5; n = 450; $f_{ot} = 0,12$</p> <p>Měřidla - posuvné měřítko 150 mm - tříbodový mikrometr na Ø82 H8</p>		
110	Frézka FH 3B	30	900
	<p>Upnout - do sklíčidla - frézovat tvar hlavy - frézovat 2 × drážku š = 25P8 - vrtat otvor 6 × Ø18,5 - vrtat otvor Ø14,25 - vrtat otvor Ø5 dle výkresu - odjehlit - POZOR NA VZÁJEMNÉ POSTAVENÍ TVARU HLAVY A DŘÍKU</p> <p>Nástroje - fréza stopková 32A3R043E03 Ø 32; n = 1000; $f_{min} = 350$ - fréza stopková 20E4S100 Ø20; n = 1450; $f_{min} = 200$ - vrták Ø18,25; n = 500; $f_{ot} = 0,1$ - vrták Ø14,25; n = 750; $f_{ot} = 0,1$ - vrták Ø5; n = 750; $f_{ot} = 0,1$</p> <p>Měřidla - posuvné měřítko 150 mm - mikrometr do otvoru 5 – 45 mm - kalibr dodal zákazník</p>		
120	Frézka FH 3B	30	360
	<p>Upnout - do prizmatického svěráku - vyrovnat - frézovat výběh z drážky š=25P8 dle výkresové dokumentace</p> <p>Nástroje - kotoučová fréza 125H04N-F90TP16P18 Ø125; n = 180; $f_{min} = 45$</p> <p>Měřidla - posuvné měřítko 150 mm</p>		

Pořadí	Operace	TP	Tk
130	Vrtačka VS 32	30	360
	Upnout - na stůl - prohloubit mazací otvor Ø5 - řezat závit 2 × M16 - řezat závit M16 × 1,5 Nástroje - vrták Ø5 prodloužený; n = 300; f _{ot} = 0,1 - závitník M16 - závitník M16 × 1,5 Měřidla - posuvné měřítko 150 mm		
140	Vrtačka VS 32	20	600
	Upnout - do sklíčidla - prohloubit mazací otvor Ø5 - řezat závit 6 × M20 × 1,5 - řezat závit M16 × 1,5 Nástroje - vrták Ø5 prodloužený n = 300; f _{ot} = 0,1 - závitník M20 × 1,5 - závitník M16 × 1,5 Měřidla - posuvné měřítko 150 mm		
150	Vrtačka VS 32	10	180
	Upnout - do prizmatického svěráku - zavrtat 4 × středící důlek - vrtat otvor 4 × Ø3 - odjehlít Nástroje - vrták Ø4; n = 900; f _{ot} = 0,1 - středící vrták; n = 900; f _{ot} = 0,1 Měřidla - posuvné měřítko 150 mm		
160	Bruska BH40	15	840
	Upnout - upnout mezi hroty - brousit Ø95m5 - brousit Ø118 ^{+0,20} _{+0,18} - brousit Ø120n6 Měřidla - mikrometr 75 – 100 mm - mikrometr 100 – 125 mm		
170	Odjehlení	10	240
	- celkově odjehlít - vyfoukat mazací otvory - vyrazit označení na určené místo JV + výrobní číslo/rok ČÍSLO URČÍ MISTR		

Pořadí	Operace	Tp	Tk
180	Nátěr	10	120
	- natřít hlavu čepu		
998	Kontrola		

Celková spotřeba času pro všechny operace:

Součet časů pro přípravu operací Tp [min]: 330

Součet časů pro provedení operací Tk [min]: 14 090

4 Návrh nové technologie výroby unášeče

Při návrhu nové výrobní technologie jsem vycházel z původní technologie výroby a z požadavku na zkrácení výrobních časů a snížení nákladů obrábění součástí. Podle tohoto požadavku jsou, na základě možností a strojového parku firmy, navrženy stroje, nástroje a technologický postup pro novou technologii.

4.1 Volba strojů pro novou technologii výroby

Při nové technologii výroby bude kromě strojů využitých již při původní technologii výroby (vodorovná vyvrtávačka H 80, soustruh SU 50 A, vrtačka VS 32, bruska BH 40) požit také soustruh SU 63, CNC soustruh SB 300 L a CNC frézka BM-6. Oba CNC stroje jsou od výrobce Style High Tech. Kromě popisu těchto strojů a uvedení jejich základních parametrů je v této kapitole popsán také řídicí systém Style, kterým jsou oba CNC stroje vybaveny.

Vodorovná vyvrtávačka bude podobně jako v původní technologii výroby využita k navrtání středících důlků. Hrubování součástí před tepelným zpracováním bude probíhat na soustruhu SU 63. Soustružení na čisto bude probíhat na strojích SU 50 A a SB 300L. Pro frézovací operace jsem zvolil frézku BM 6. Na vrtačce VS 32 budou vrtány mazací otvory kolmé na osu součástí. Bruska BH 40 bude stejně jako při původní technologii výroby využita pro dokončovací obrábění průměrů s úzkými tolerancemi.

Soustruh SU 63

Tento soustruh je vhodný pro kusovou a malosériovou výrobu hřídelových a přírubových součástí.

Technické parametry stroje:

oběžný průměr nad ložem 630 mm,
oběžný průměr nad suportem 360 mm,
vzdálenost mezi hroty 2 000 mm,
maximální otáčky vřetena $1\,420\text{ min}^{-1}$,
maximální výkon elektromotoru 17 kW,
hmotnost stroje 5 600 kg.



Obr. 4.1 Soustruh SU 63

Soustruh Style SB 300L

Společnost Style High Tech je holandská společnost vyrábějící Teach-In a CNC soustruhy a frézky. Díky vysoké spolehlivosti a jednoduché obsluze tato společnost ovládá holandský trh a ve světě se řadí mezi významné prodejce CNC strojů pro kovoobrábění se zaměřením na malé a střední série [16]. Soustruh Style SB 300L disponuje masivním rámem, pomocí kterého je dosaženo vysoké stability a tuhosti. Kalené a broušené vodící plochy lože jsou zakrytované a zaručují přesnost i v těžkých podmínkách.

Technické parametry stroje:

oběžný průměr nad ložem 550 mm,
oběžný průměr nad suportem 300 mm,
vzdálenost mezi hroty 1 500 mm,
výkon hlavního motoru 33 kW,
počet současně upnutých nástrojů 12,
rozsah otáček $40 \text{ min}^{-1} - 3\,000 \text{ min}^{-1}$,
rozsah posuvů $0,01 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1} - 600 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$,
vrtání vřetena $\varnothing 90 \text{ mm}$,
zdvih pinoly 150 mm,
kužel v pinole MK-5,
hmotnost 8 500 kg.



Obr. 4.2 Soustruh Style SB 300L

Frézka Style BM-6

Frézky Style BM-6 jsou spolehlivé a všestranné s tuhým a masivním rámem. Frézka je vybavena řídicím systémem Style Milling.

Technické parametry stroje:

pracovní plocha stolu 508 mm × 1 320 mm,
počet × velikost T-drážek na pracovním stole 4 × 18 mm,
max. zatížení stolu 1 000 kg,
max. pracovní dráha v ose X 1 050 mm,
max. pracovní dráha v ose Y 560 mm,
max. pracovní dráha v ose Z 610 mm,
počet nástrojů 16,
rozsah otáček 0 – 6 000 min⁻¹,
výkon motoru 11 kW,
upínání nástrojů BT-40,
hmotnost 3 800 kg.



Obr. 4.3 Frézka Style BM-6 [17]

Řídicí systém a programování v Style

Systém řízení Style má dvě varianty, jednu pro soustruh a druhou pro frézku. Řízení Style je graficky podporováno a je jednoduché pro obsluhu stroje, dokonce i bez předešlých zkušeností s CNC programováním. Kromě toho je zde také možnost programování v G-kódu a importu souborů DXF. Pomocí stolní verze softwaru, dodávané společně se strojem, lze program připravit i externě na stolním počítači, poté se program přenese na stroj přes počítačovou síť, nebo pomocí přenosného média. Software Style pracuje pod prostředím Windows. Tento systém řízení je vhodný zvláště pro výrobu malých sérií případně jednotlivých kusů, pokud není potřeba programovat příliš mnoho parametrů. Programování v grafickém rozhraní s pomocnými ikonami je vhodné i pro začínající programátory. Software vede programátora krok za krokem koncepcí programu a pomůže se zadáváním parametrů v několika jednoduchých dialogích. Na obrazovce je okamžitě vidět již naprogramované kroky a přibližný tvar součásti, což usnadňuje programátorovi vyhnout se případným chybám. Program lze vytvářet současně se spuštěným programem při obrábění obrobku.

Prostředí řídicího systému Style

Obsluha stroje má na obrazovce pro lepší představu měřítka bílý list s rastrováním. V provozním režimu se řídicí systém zobrazí jako nové okno, které obsahuje základní

údaje jako polohu nástroje, řezné podmínky a název nástroje. Při zobrazení tohoto okna za chodu stroje, lze stisknutím mezerníku v případě potřeby okamžitě zastavit program a provést korekci, úpravu řezných podmínek, nebo zatavit program.



Obr. 4.4 Obrazovka a ovládací panel u frézky STYLE BM-6 [17].

Kromě obrábění dle vytvořeného programu může stroj pracovat také v ručním provozu, nebo v provozu polohování s ručním zadáváním souřadnic. V ručním provozu se provádí seřízení stroje. Stroj se ovládá přes ruční ovládací panel, pomocí kterého lze polohovat jednotlivé strojní osy. V režimu polohování s ručním zadáváním lze naprogramovat jednoduché dráhové pohyby.



Obr. 4.5 Ruční ovládací panel u soustruhu Style SB 300L [18].

4.2 Volba nástrojů a pro novou technologii výroby

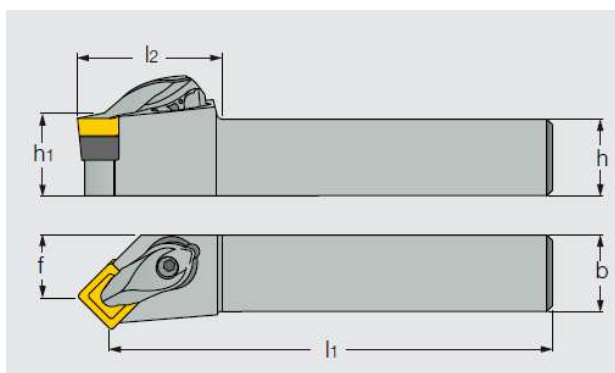
Při nové technologii výroby budou nože s pájenými destičkami ve většině případů nahrazeny noži s VBD. Frézovací nástroje, vrtáky a závitníky použité v původní technologii jsou ve většině případů vhodné i pro nově navrhovanou technologii a proto v ní budou využity. V této kapitole jsou uvedeny pouze nově použité nástroje a rozsah jejich použití.

Nůž Iscar DSSNR 2525M-12

Tento nástroj bude použit pro obrábění součásti a srážení hran na strojích SU 50 A a SU 63.

Tab. 4.1 Rozměry nástroje DSSNR 2525M-12

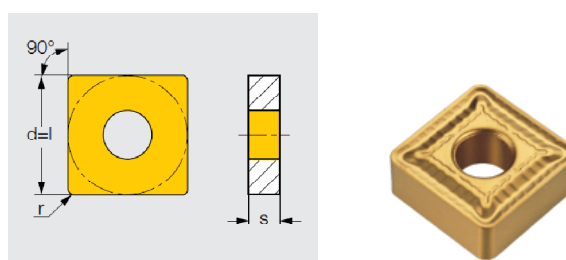
$h = h_1 = b$ [mm]	l_1 [mm]	l_2 [mm]	f [mm]	γ_p [°]	γ_f [°]
25	150	38	32	-5,5	-5,5



Obr. 4.6 Nůž Iscar DSSNR [19]

Obr. 4.7 Břítová destička SNMG 120408-GN, rozměry a doporučené řezné parametry

$d=l$ [mm]	S [mm]	r [mm]	f_{ot} [mm]	a_p [mm]
12,7	4,76	0,8	0,2 – 0,45	1 – 5



Obr. 4.8 Břítová destička SNMG -GN [19]

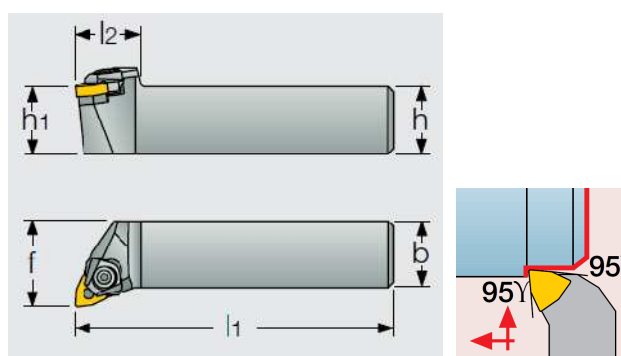
Materiál břítových destiček SNMG 120408-GN je IC 9250. Jde o řezný materiál určený hlavně pro obrábění oceli v širokém rozsahu řezných podmínek. Tento materiál se vyznačuje vysokou houževnatostí a odolností proti opotřebení. VBD je opatřena vícevrstevným povlakem $TiCN + Al_2O_3 + TiN$. Doporučená řezná rychlost v_c pro obrábění nízkolegované zušlechťené oceli je $160 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ až $280 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$.

Nůž Iscar MWLNR/L 2525M-08W

Nůž MWLNL bude použit pro obrábění dřívku unašeče na stroji SB 300L. Nůž MWLNR bude použit pro obrábění hlavy unašeče po zušlechtní.

Tab. 4.2 Rozměry nástroje

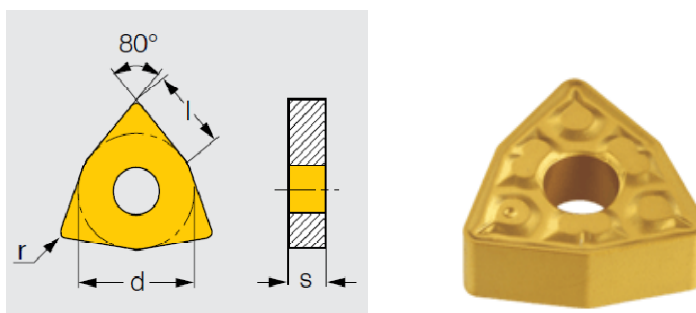
$h = h_1$ [mm]	b [mm]	f [mm]	l_1 [mm]	l_2 [mm]	γ_p [°]	γ_f [°]
25	25	32	150	30	-6	-6



Obr. 4.9 Nůž MWLNR/L [19]

Tab. 4.3 WNMG 06T304-TF, rozměry a doporučené řezné podmínky

l [mm]	d [mm]	S [mm]	r [mm]	f_{ot} [mm]	a_p [mm]
8,70	12,7	4,76	0,4	0,12 – 0,35	1 – 3



Obr. 4.10 Břitová destička WNMG-TF [19]

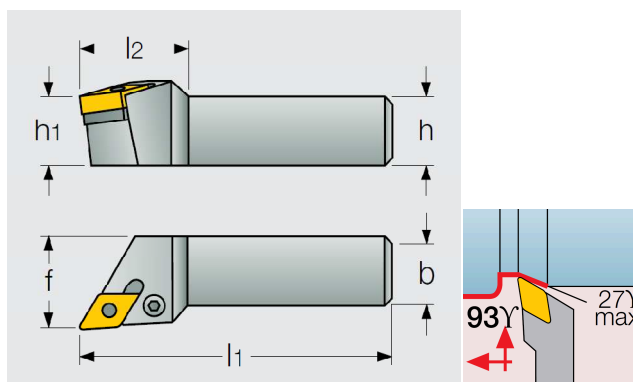
Materiál VBD je IC 9250. Doporučená řezná rychlost v_c pro obrábění nízkolegované oceli ke zušlechtní je $160 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ až $280 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$.

Nůž Iscar PDJNL 2525 M11

Tento nástroj bude použit pro dokončovací soustružení kontury dřívku unašeče na stroji Style SB 300 L.

Tab. 4.4 Rozměry nástroje PDJNL 2525 M11

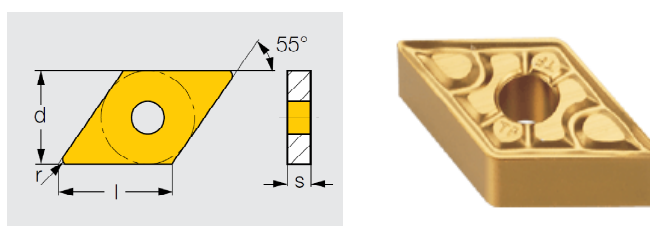
$h = h_1$ [mm]	b [mm]	f [mm]	l_1 [mm]	l_2 [mm]	γ_p [°]	γ_f [°]
25	25	32	150	30	-7	-6



Obr. 4.11 Nůž PDJNR/L [19]

Tab. 4.5 Břitová destička DNMG 110404-TF, rozměry a doporučené řezné podmínky

l [mm]	d [mm]	s [mm]	r [mm]	f_{ot} [mm]	a_p [mm]
11,63	9,52	4,76	0,4	0,14 – 0,3	1 – 3



Obr. 4.12 Břitová destička DNMG-TF [19]

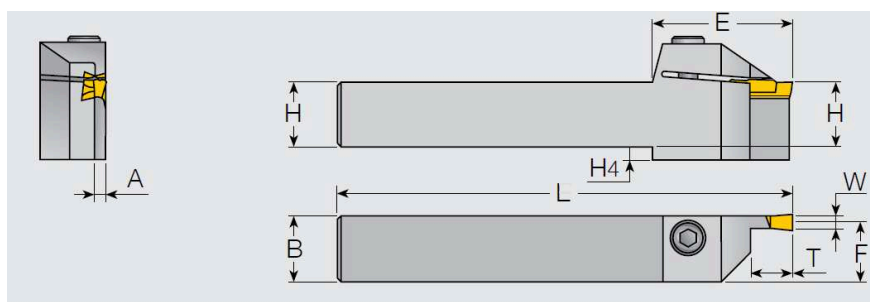
Materiál VBD je IC 9250. Doporučená řezná rychlost v_c pro obrábění nízkolegované oceli ke zušlechtnění je $160 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ až $280 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$.

Zapichovací nůž Iscar HELIL 2525-4T12

Tento nůž bude použit pro soustružení zápichů na hotovo na stroji Style SB 300 L.

Tab. 4.6 Rozměry nástroje HELIL 2525-4T12

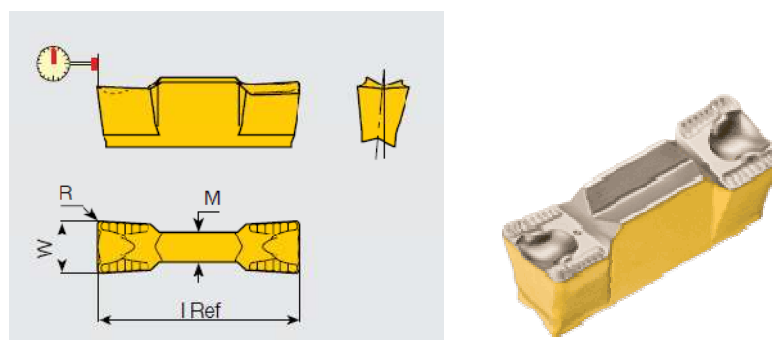
H × B [mm]	W [mm]	L [mm]	F [mm]	A [mm]	E [mm]	T _{max} [mm]	H ₄ [mm]
25 × 25	4	135	23,4	3,2	29	12	-



Obr. 4.13 Nůž HELIR/L [19]

Tab. 4.7, GRIP 4004Y IC908 rozměry a doporučený posuv

W [mm]	R [mm]	I Ref [mm]	M [mm]	f _{ot} [mm]
4	0,4	19	2,8	0,06 – 0,15



Obr. 4.14 Břitová destička GRIP [19]

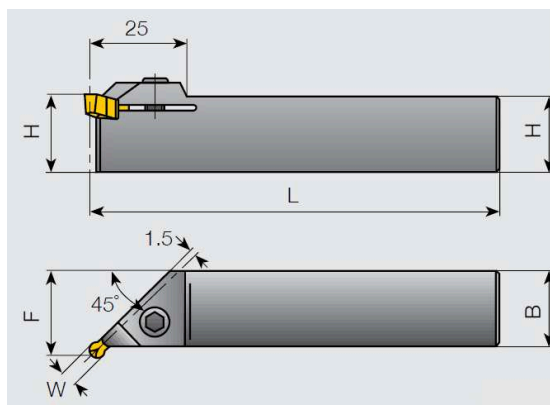
Doporučená řezná rychlost v_c pro nízkolegované oceli ke zušlechťení je $70 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ až $110 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$. Materiál VBD je IC908. Tento materiál má vysokou odolnost vůči vyламování břitu a vysokou odolnost vůči opotřebení, je vhodný pro obrábění širokého rozsahu materiálů.

Vnější zapichovací nuž Iscar GHMUL 25

Tento nůž bude použit pro obrábění zápichu dle detailu E podle výkresu na stroji Style SB 300 L.

Tab. 4.8 Rozměry nástroje GHMUR/L 25

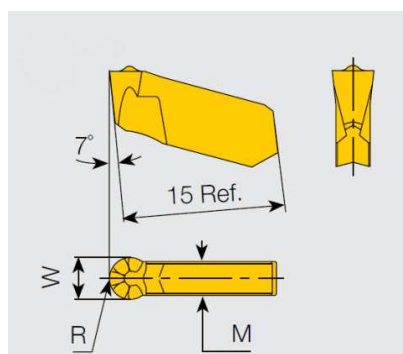
H × B [mm]	L [mm]	F [mm]	W _{max} [mm]
25 × 25	137	28	6,4



Obr. 4.15 Nůž Iscar GHMUR/L [19]

Tab. 4.9 Břitová destička GIMY 420-UN, rozměry a doporučený posuv

W [mm]	R [mm]	M [mm]	f _{ot} [mm]
4	2	2	0,05 – 0,15



Obr. 4.16 Břitová destička GIMY-UN [19]

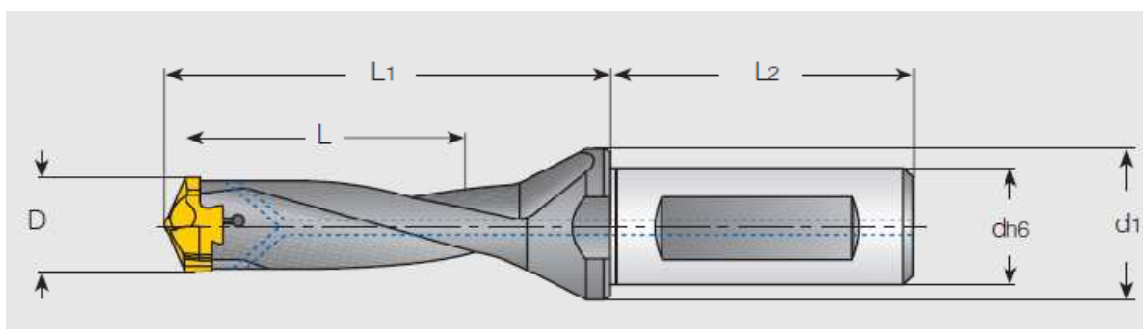
Materiál VBD: IC9015 (slnutý karbid s vícevrstevným povlakem TiCN + Al₂O₃+TiN). Doporučená řezná rychlost v_c pro obrábění nízkolegované zušlechťené oceli je 90 m.min⁻¹ až 180 m.min⁻¹.

Vrták Iscar DCM 180-054-25A-3D

Pro vrtání otvorů pro závit M20 × 1,5 na hlavě unašeče.

Tab. 4.10 Rozměry nástroje DCM 180-054-25A-3D

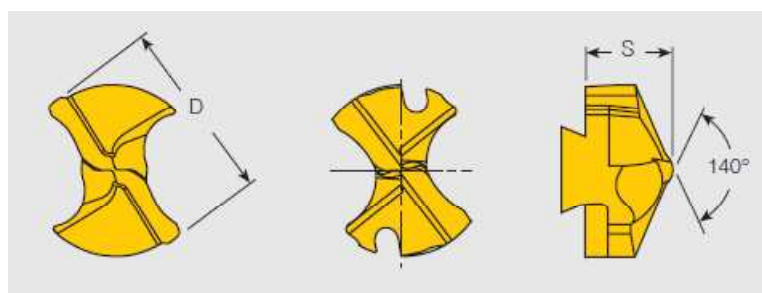
D (rozsah) [mm]	L [mm]	L ₁ [mm]	L ₂ [mm]	d [mm]	d ₁ [mm]
18,0 – 18,9	54	78,3	56	25	32



Obr. 4.17 Vrták Iscar DCM-3D [19]

Tab. 4.11 Výměnná vrtací hlava IDI 185-SG, rozměry a materiál

D [mm]	s [mm]	Materiál	Povlak
18,5	8,3	IC908	TiAlN



Obr. 4.18 Vrtací hlava IDI [19]

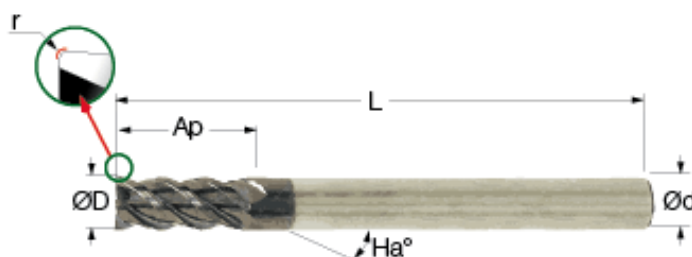
Materiál výměnné vrtací hlavy je jemnozrnný slinutý karbid IC908. Doporučená řezná rychlost v_c pro obrábění nízkolegované zušlechtěné oceli je $70 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ až $110 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$. Doporučený posuv na otáčku f_{ot} je $0,3 \text{ mm}$ až $0,4 \text{ mm}$.

Stopková fréza Iscar EC200B38-4C20R1

Tato fréza bude využita pro zarovnání čela a frézování kruhové kapsy na čele unašeče.

Tab. 4.12 Rozměry nástroje Iscar EC200B38-4C20R1

D [mm]	d [mm]	Ap [mm]	L [mm]	Počet břitů	r [mm]	Úhel šroubo- vice Ha [°]
20	20	38	104	4	1	45



Obr. 4.19 Stopková fréza Pramet EC-B-4...R [19]

Materiál nástroje je IC 900 (slinutý karbid s povlakem TiAlN). Doporučená řezná rychlost v_c pro obrábění nízkolegované zušlechtné oceli je 100 m.mim^{-1} až 110 m.mim^{-1} . Doporučený posuv na zub f_z je $0,05 \text{ mm}$ až $0,13 \text{ mm}$. Úhel zanoření je 5° .

4.3 Návrh řezných parametrů

Volba řezných parametrů pro novou technologii výroby vychází z doporučení výrobců použitých nástrojů a ze zkušeností firmy s výrobou součástí podle původního technologického postupu. Řezné podmínky jsou zvoleny s ohledem na vlastnosti obráběného materiálu a druh příslušné technologické operace.

Přehled zvolených řezných parametrů:

Nůž PCLNR 2525 M 12

parametry pro hrubování: řezná rychlost $v_c = 150 \text{ m.min}^{-1}$, posuv na otáčku $f_{ot} = 0,4 \text{ mm}$, hloubka řezu $a_p = 5 \text{ mm}$

Nůž DSSNR 2525M-12

parametry pro hrubování: řezná rychlost $v_c = 160 \text{ m.min}^{-1}$, posuv na otáčku $f_{ot} = 0,42 \text{ mm}$, hloubka řezu $a_p = 5 \text{ mm}$

Nůž MWLNL 2525M-08W

parametry pro obrábění součástí po tepelném zpracování: řezná rychlost $v_c = 165 \text{ m.min}^{-1}$, posuv na otáčku $f_{ot} = 0,2 \text{ mm}$, hloubka řezu $a_p = 3 \text{ mm}$

Nůž PDJNL 2525 M11

parametry pro dokončování: řezná rychlost $v_c = 235 \text{ m.min}^{-1}$, posuv na otáčku $f_{ot} = 0,2 \text{ mm}$, hloubka řezu $a_p = 1 \text{ mm}$

Zapichovací nůž HELIL 2525-4T12:

řezná rychlost $v_c = 85 \text{ m.min}^{-1}$, posuv na otáčku $f_{ot} = 0,13 \text{ mm}$

Zapichovací nůž GHMUL 25:

řezná rychlost $v_c = 165 \text{ m.min}^{-1}$, posuv na otáčku $f_{ot} = 0,12 \text{ mm}$

Stopková fréza 32A3R043E03-SAD16E-C:

řezná rychlost $v_c = 200 \text{ m.min}^{-1}$ (otáčky vřetena $n = 2\,000 \text{ min}^{-1}$), posuv na zub $f_z = 0,15 \text{ mm}$, hloubka řezu $a_p = 10 \text{ mm}$.

Stopková fréza EC200B38-4C20R1

řezná rychlost $v_c = 110 \text{ m.min}^{-1}$ (otáčky vřetena $n = 1\,750 \text{ min}^{-1}$), axiální hloubka řezu $a_p = 10 \text{ mm}$, radiální hloubka řezu $a_e = 12 \text{ mm}$, posuv na zub $f_z = 0,06 \text{ mm}$.

Kotoučová fréza 125H04N-F90TP16P18:

řezná rychlost $v_c = 185 \text{ m.min}^{-1}$ (otáčky vřetena $n = 470$), hloubka řezu $a_p = 9 \text{ mm}$, posuv na zub $f_z = 0,12 \text{ mm}$.

Vrták DCM 180-054-25A-3D

řezná rychlost $v_c = 90 \text{ m.min}^{-1}$ (otáčky vřetena $n = 1540 \text{ min}^{-1}$), posuv na otáčku $f_{ot} = 0,3 \text{ mm}$.

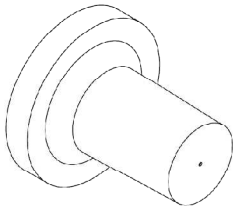
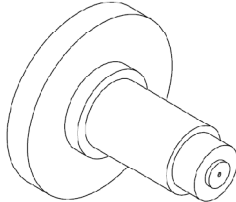
4.4 Nový technologický postup

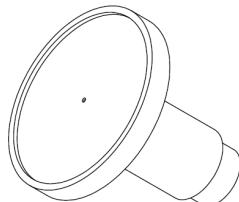
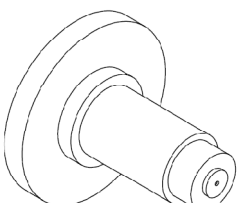
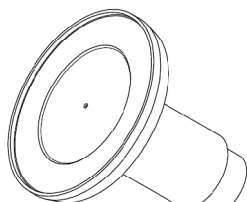
Při návrhu nového technologického postupu jsem vycházel z původní technologie výroby. Pro dosažení zkrácení výrobního času je v nové technologii výroby využito CNC strojů. Pro hrubování součásti jsem zvolil výkonnější soustruh. Některá nástroje používané v původní technologii, zejména soustružnické nože s pájenými břitovými destičkami, byly v případech, kdy to bylo vhodné, nahrazeny výkonnějšími nástroji. Oproti původnímu technologickému postupu byl snížen počet operací. Hrubování součásti před tepelným zpracováním bude probíhat podle hrubovacího výkresu, který je přiložen k diplomové práci.

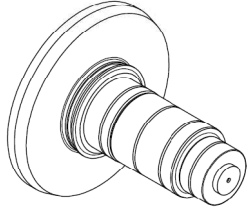
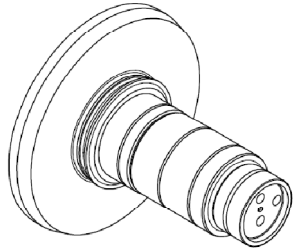
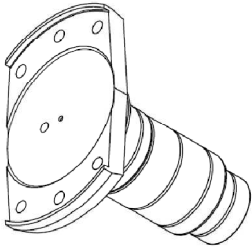
V technologickém postupu jsou stejně jako v původním technologickém postupu uvedeny časy na přípravu operace (T_p) a časy na provedení dané operace pro celou výrobní dávku dvanácti kusů (T_k) v minutách. Řezná rychlost (v_c) je uváděna v $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$, otáčky (n) v min^{-1} , posuv na otáčku (f_{ot}) v mm, posuv za minutu (f_{min}) v $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$ a hloubka řezu (a_p) v mm.

Technologický postup:

Počet kusů: 12

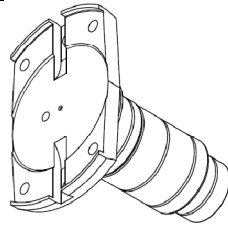
Pořadí	Operace	T_p	T_k
10	Horizontka H80 Upnout - na prizmatické podložky - vyrovnat - oboustranně navrtat Nástroje - středící vrták A5; $n = 450$; $f_{ot} = 0,12$ Měřidla - posuvné měřítko 150 mm	30	360
			
20	Soustruh SU63 Upnout - za hlavu - podepřít - soustružit dřík dle hrubovacího výkresu Nástroje - vnější nůž PCLNR 2525 M 12; $n = 290$; $f_{ot} = 0,4$; $a_p = 5$ Měřidla - posuvné měřítko 400 mm	30	1 110
			

Pořadí	Operace	Tp	Tk
30	Soustruh SU63	20	1 200
	<p>Upnout - za dřík do sklíčidla - hrubovat hlavu dle hrubovacího výkresu</p> <p>Nástroje - vnější nůž PCLNR 2525 M 12 n = 180; $f_{ot} = 0,4$; $a_p = 5$ - vnější nůž DSSNR 2525 M-12 n = 180; $f_{ot} = 0,42$; $a_p = 5$</p> <p>Měřidla - posuvné měřítko 400 mm</p>		
40	Kalení		
	- zušlechtit na mez pevnosti 910 MPa		
50	Soustruh SU50	10	390
	<p>Upnout - za hlavu čepu - podepřít - soustružit průměr pro lunetu Ø127</p> <p>Nástroje - vnější nůž DSSNR 2525M-12; n = 500; $f_{ot} = 0,2$</p> <p>Měřidla - posuvné měřítko 300 mm</p>		
60	Soustruh SU50	15	1 130
	<p>Upnout - podepřít lunetou - soustružit Ø320 - vybrání na Ø310H7 L=8 mm - vylehčení na Ø203 L= 3 mm - zápich do rohu R1 - úkos 15 ° - navrtat středící důlek - srazit hrany</p> <p>Nástroje - vnější nůž PCLNR 2525 M 12 n = 180; $f_{ot} = 0,2$ - vnější nůž MWLNR 2525M-08W; 12 n = 180; $f_{ot} = 0,2$ - vnější nůž DSSNR 2525 M-12; n = 180; $f_{ot} = 0,2$ - vnější zapichovací nůž 2516 DIN 4981 R1; R3; n = 90; $f_{ot} = 0,1$ - středící vrták A5; n = 450; $f_{ot} = 0,12$</p> <p>Měřidla - posuvné měřítko 400 mm - kalibr Ø310H7</p>		

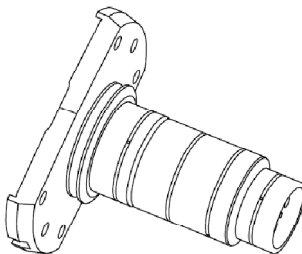
Pořadí	Operace	TP	Tk
70	Soustruh SB 300L	45	600
	<p>Upnout - do vytočených čelistí za Ø320</p> <p>- podepřít</p> <p>- soustružit dřík unášeče dle programu</p> <p>- tolerované průměry s přídavkem na brus 0,4 mm</p> <p>- včetně zápichů</p> <p>Nástroje - nůž MWLNL 2525M-08W; $v_c = 165$; $f_{ot} = 0,2$</p> <p>- nůž PDJNL 2525 M11; $v_c = 235$; $f_{ot} = 0,2$</p> <p>- zapichovací nůž HELIL 2525-4T12 s = 4; $v_c = 85$; $f_{ot} = 0,13$</p> <p>- zapichovací nůž GHMUL 25 $v_c = 165$; $f_{ot} = 0,12$</p> <p>Měřidla - posuvné měřítko 300 mm</p>		
80	Frézka BM6	45	540
	<p>Upnout - na stůl</p> <p>- vyrovnat</p> <p>- zafrézovat čelo dříku</p> <p>- frézovat vybrání Ø82 H8 hl. = 10 mm</p> <p>- navrtat 4 × středící důlek</p> <p>- vrtat otvor 2 × Ø13,8</p> <p>- řezat závit 2 × M16</p> <p>- vrtat otvor Ø14,25</p> <p>- řezat závit M16 × 1,5</p> <p>- vrtat otvor Ø4 a 2 × Ø5 dle výkresu</p> <p>- odjehlit</p> <p>Nástroje - vrták Ø13,8; $n = 650$; $f_{ot} = 0,12$</p> <p>- vrták Ø13,8 rovné čelo; $n = 650$; $f_{ot} = 0,12$</p> <p>- vrták Ø14,25; $n = 650$; $f_{ot} = 0,12$</p> <p>- vrták Ø14,25 rovné čelo $n = 650$ $f_{ot} = 0,12$</p> <p>- vrták Ø4; $n = 820$; $f_{ot} = 0,8$</p> <p>- vrták Ø5; $n = 750$; $f_{ot} = 0,1$</p> <p>- vrták Ø5 prodloužený; $n = 750$; $f_{ot} = 0,1$</p> <p>- závitník M16; $n = 175$; $f_{ot} = 2$</p> <p>- závitník M16 × 1,5; $n = 175$; $f_{ot} = 1,5$</p> <p>- fréza stopková EC200B38-4C20R1 Ø20; $n = 1\ 750$; $f_{min} = 420$</p> <p>- středící vrták A5; $n = 900$; $f_{ot} = 0,12$</p> <p>Měřidla - posuvné měřítko 150 mm</p> <p>- tříbodový mikrometr na Ø82</p>		
90	Frézka BM6	45	600
	<p>Upnout - do sklíčidla</p> <p>- frézovat tvar hlavy</p> <p>- vrtat otvor 6 × Ø18,5</p> <p>- řezat závit 6 × M20 × 1,5</p> <p>- vrtat otvor Ø14,25</p> <p>- řezat závit M16 × 1,5</p> <p>- vrtat otvor Ø 5</p> <p>- odjehlit</p>		

<p>- POZOR NA VZÁJEMNÉ POSTAVENÍ HLAVY A DŘÍKU</p>			
Nástroje	<p>- fréza stopková 32A3R043E03; $n = 2000$; $f_{\min} = 900$ - vrták DCM 180-054-25A-3D IDI 185-SG Ø18,5; $n = 1540$; $f_{ot} = 0,3$ - vrták Ø14,25; $n = 750$; $f_{ot} = 0,1$ - vrták Ø5; $n = 750$; $f_{ot} = 0,1$ - vrták Ø5 prodloužený; $n = 750$; $f_{ot} = 0,1$ - závitník M20 × 1,5; $n = 175$; $f_{ot} = 1,5$ - závitník M16 × 1,5; $n = 175$; $f_{ot} = 1,5$</p>		
Měřidla	<p>- posuvné měřítko 150 mm - mikrometr do otvoru 5 až 45 mm - kalibr dodal zákazník</p>		

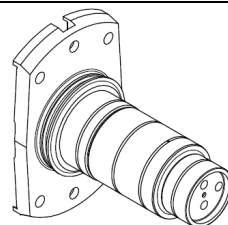
100	Frézka BM6	30	470
Upnout	<p>- do prizmatického svěráku - vyrovnat - frézovat 2 × drážka š = 25P8 dle výkresové dokumentace</p>		
Nástroje	<p>- kotouč. fréza 125H04N-F90TP16P18 Ø125; $n = 470$; $f_{\min} = 225$</p>		
Měřidla	<p>- posuvné měřítko 150 mm</p>		



110	Vrtačka VS 32	10	180
Upnout	<p>- do prizmatického svěráku - zavrtat 4 × středící důlek - vrtat otvor 4 × Ø3 - odjehlit</p>		
Nástroje	<p>- vrták Ø3; $n = 900$; $f_{ot} = 0,06$ - středící vrták; $n = 900$; $f_{ot} = 0,1$</p>		
Měřidla	<p>- posuvné měřítko 150 mm</p>		



120	Broušení BH40	15	840
Upnout	<p>- upnout mezi hroty - brousit Ø95m5 - brousit Ø118^{+0,20}_{+0,18} - brousit Ø120n6</p>		
Měřidla	<p>- mikrometr 75 – 100 mm - mikrometr 100 – 125 mm</p>		



130	Odjehlení	10	240
<p>- celkově odjehlit - vyfoukat mazací otvory - vyrazit označení na určené místo JV + výrobní číslo/rok ČÍSLO URČÍ MISTR</p>			

Pořadí	Operace	Tp	Tk
140	Nátěr	10	120
	- natřít hlavu čepu		
998	Kontrola		

Celková spotřeba času pro všechny operace:

Součet časů pro přípravu operací Tp [min]: 315

Součet časů pro provedení operací Tk [min]: 7 780

5 Technicko-ekonomické zhodnocení

Zhodnocení nové technologie výroby bude provedeno na základě porovnání spotřeby času a nákladů na obrábění pro původní a novou technologii výroby. Spotřeba času pro jednotlivé operace je stanovena metodikou firmy Kovoobrábění Vraštil a je uvedena v technologických postupech. Do spotřeby času jsou zahrnuty časy potřebné pro přípravu a provedení každé obráběcí operace.

Při výpočtu nákladů na příslušnou operaci vycházím ze spotřeby času a hodinové sazby stroje. Hodinové sazby pro jednotlivé stroje jsou uvedeny v tab. 5.1. Do porovnání nákladů nezapočítávám náklady na tepelné zpracování, nátěr a výstupní kontrolu, protože tyto náklady jsou pro obě technologie stejné. Použité stroje a nástroje firma využívá i při jiném výrobním programu.

Tab. 5.1 Hodinové sazby strojů

Použitý stroj	Hodinová sazba N_{hs} [Kč.hod ⁻¹]
Vodorovná vyvrtávačka H80	500
Soustruh SU63	450
Soustruh SU50A	400
Frézka F3B	400
Vrtačka VS32	300
Zámečnick	250
Bruska BH40	450
Soustruh Style SB300L	600
Frézka Style BM6	700

Náklady při stávající technologii výroby

V tab. 5.2 jsou uvedeny časy potřebné pro přípravu operace (T_p), časy pro vykonání operace u všech 12 kusů výrobní dávky (T_k) a náklady na jednotlivé operace (N_i). Náklady na i -tou operaci jsou vypočteny podle vzorce:

$$N_i = \frac{(T_p + T_k)}{60} \cdot N_{hs} \quad [\text{Kč}] \quad (5.1)$$

Náklady na obrobení celé výrobní dávky (12 kusů):

$$N_d = \sum N_i \quad [\text{Kč}] \quad (5.2)$$

Tab. 5.2 Spotřeba času a náklady na obrábění při původní technologii výroby

Č. operace	Čas přípravy T_p [min]	Čas obrábění T_k [min]	Hodinová sazba N_{hs} [Kč.hod ⁻¹]	Náklady N_i [Kč]
10	30	360	500	3 250
20	30	1 440	400	9 800
30	15	530	400	3 633
40	10	840	400	5 667
60	10	420	400	2 867
70	15	1 380	400	9 300
80	20	2 520	400	16 933
90	15	840	400	5 700
100	30	2 160	400	14 600
110	30	900	400	6 200
120	30	360	400	2 600
130	30	360	300	1 950
140	20	600	300	3 100
150	10	180	300	950
160	15	840	450	6 413
170	10	240	250	1 042
Náklady na obrobení výrobní dávky N_d [Kč]				94 004

Náklady při nové technologii výroby

Při nové technologii výroby jsou kromě původně použitých konvenčních strojů použity také CNC stroje, které mají vyšší režijní náklady a také přípravné časy jsou při použití těchto strojů delší z důvodu náročnějšího nastavování. Aby se použití CNC strojů ekonomicky vyplatilo, musí být opodstatněno snížením časů pro provedení vlastních operací, čehož je v nové technologii výroby dosaženo. Díky využití CNC frézky BM-6 bylo kromě toho možno snížit počet operací. Na tomto stroji bude prováděno řezání závitů a vrtání, které se dříve provádělo na vrtačce VS 32.

Náklady na novou technologii výroby jsou spočítány stejným způsobem jako náklady na původní technologii. Časy a náklady na příslušnou obráběcí operaci se vztahují na celou výrobní dávku 12 kusů.

Tab. 5.3 Spotřeba času a náklady na obrábění při navrhované technologii výroby

Č. operace	Čas přípravy T_p [min]	Čas operace T_k [min]	Hodinová sazba N_{hs} [Kč.hod ⁻¹]	Náklady N_i [Kč]
10	30	360	500	3 250
20	30	1 110	450	8 550
30	20	1 200	450	9 150
50	10	390	400	2 667
60	15	1 130	400	7 633
70	45	600	600	6 450
80	45	540	700	6 825
90	45	600	700	7 525
100	30	470	700	5 833
110	10	180	300	950
120	15	840	450	6 413
130	10	240	250	1 042
Náklady na obrobek výrobní dávky N_d [Kč]				66 288

Srovnání původní a nové technologie

V následující tabulce je uvedeno srovnání spotřeby času a nákladů na obrábění při původní a nové technologii výroby. Spotřeba času na výrobní dávku je spočítána jako součet všech časů potřebných pro vykonání operace a příslušných přípravných časů. Náklady na 1 kus jsou vypočteny podle vzorce:

$$N_k = \frac{N_d}{12} \text{ [Kč]} \quad (5.3)$$

Roční náklady při předpokládané výrobě 3 dávek po 12 kusech ročně jsou pak:

$$N_r = N_k \cdot 36 \text{ [Kč]} \quad (5.4)$$

Tab. 5.4 Srovnání spotřeby času a nákladů na obrábění při původní a nové technologii

	Původní technologie	Nová technologie
Spotřeba času na výrobní dávku 12 kusů [hod]	238	133
Náklady na výrobní dávku 12 kusů [Kč]	94 004	66 288
Náklady na 1 kus [Kč]	7 834	5 524
Roční náklady (pro 36 kusů) [Kč]	282 012	198 864
Roční úspora nákladů [Kč]	83 148	

Ze srovnání původní a nové technologie vyplývá, že spotřeba času byla snížena o 44 % a náklady na obrábění klesly o 29 %, čemuž odpovídá roční úspora nákladů 83 148 Kč při předpokládané výrobě 36 kusů za rok. Této úspory bylo dosaženo volbou výkonnějších strojů a nástrojů, snížením počtu operací a volbou vhodných řezných podmínek.

6 Závěr

Diplomová práce se zabývá návrhem nové technologie výroby unašeče trakčního převodu lokomotivy v podmínkách firmy Kovoobrábění Vraštil. Cílem diplomové práce bylo dosáhnout úspory nákladů na obrábění a snížení spotřeby času.

Úvodní část práce je zaměřena na problematiku obrábění rozměrných součástí. Dále je proveden rozbor původní technologie výroby unašeče. Rozbor obsahuje popis vyráběné součásti, popis polotovaru pro obrábění, charakteristiku materiálu součásti včetně doporučených podmínek pro jeho obrábění, popis původně použitých strojů, nástrojů a původní technologický postup.

Další část práce tvoří návrh nové technologie výroby. Tento návrh vychází z rozboru původní technologie výroby. Pro splnění požadavku na snížení spotřeby času a nákladů na obrábění byly na základě možností a strojového parku firmy navrženy stroje, nástroje, řezné parametry a technologický postup pro novou technologii výroby. Pro obrábění součásti před tepelným zpracováním bylo navrženo použít výkonnější soustruh a kromě konvenčních strojů s manuálním ovládáním jsou v nové technologii výroby využity také CNC obráběcí stroje. Původně použité řezné nástroje byly v případech, kdy to bylo vhodné, nahrazeny výkonnějšími. Volba řezných parametrů pro novou technologii výroby vychází z doporučení výrobců použitých nástrojů a také ze zkušeností firmy s výrobou unašeče podle původního technologického postupu.

V závěrečné části diplomové práce je provedeno technicko-ekonomické zhodnocení. Zde je porovnána spotřeba času a náklady na obrábění pro původní a nově navrženou technologii výroby. Nová technologie výroby umožňuje snížení spotřeby času na obráběcí operace o 44 % a snížení nákladů na tyto operace o 29 %. Tomu odpovídá roční úspora nákladů 83 148 Kč při předpokládané výrobě 36 kusů za rok. Této úspory bylo dosaženo díky využití výkonnějších obráběcích strojů a nástrojů, volbou řezných parametrů a snížením počtu obráběcích operací. Z porovnání obou technologií vyplývá, že navržená technologie výroby je jednoznačně levnější a efektivnější.

Použitá literatura

- [1] VASILKO, Karol, et al. *Top trendy v obrábění : III. část - Technologia obrábania*. Žilina : Media/ST, s.r.o., 2006. 214 s. ISBN 80–968954–2–7.
- [2] KOČMAN, Karel; PROKOP, Jaroslav. *Technologie obrábění*. Druhé vydání. Brno : Akademické nakladatelství Cerm, 2005. 270 s. ISBN 80-214-3068-0.
- [3] CHRÁST, Ondřej. *Deskripce velkých obráběcí strojů* [online]. Brno, 2010. 43 s. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, fakulta strojní. Dostupné z WWW:
<http://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=30753>.
- [4] VYDRA, Ladislav. *Racionalizace výroby složité rotační součástí*. Ostrava, 2009. 44 s. Diplomová práce. VŠB-TU Ostrava, Fakulta Strojní.
- [5] BRYCHTA, Josef, et al. *Nové směry v progresivním obrábění* [online]. Ostrava : VŠB-TU Ostrava, 2007 [cit. 2011-01-22]. Dostupné z WWW:
<<http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FS/NSPO>>. ISBN 978–80–248–1505–3.
- [6] ŘASA, Jaroslav; GABRIEL, Vladimír. *Strojírenská technologie 3 - 1. díl*. 1. vydání. Praha : Scientia, spol s. r. o., 2000. 256 s. ISBN 80-7183-207-3.
- [7] BLAŽEK, Petr. *Analýza automatického nastavení nástrojů u obráběcích center* [online]. Brno, 2008. 31 s. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Dostupné z WWW:
<www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=5822>.
- [8] *Trimill machine tools* [online]. Zlín : Trimill, [2010] [cit. 2011-02-15]. Trimill VF 4525. Dostupné z WWW: <<http://www.trimill.cz/>>.
- [9] *Bohdan Bolzano* [online]. c2004 [cit. 2011-01-20]. Přehled vlastností oceli 34CrNiMo6. Dostupné z WWW: <http://prirucka.bolzano.cz/cz/technicka-podpora/techprir/tycovaocel/EN10083/Prehled_vlast_34CrNiMo6>.
- [10] *Garant příručka obrábění* [online]. [s.l.] : Hoffmann Group , [2006] [cit. 2011-01-21]. Dostupné z WWW: <<http://www.hoffmann-group.com/download/cz/zerspanungshandbuch/cz-zerspanungshandbuch.pdf>>.
- [11] *M&V* [online]. Vsetín: M&V, c2011 [cit. 2011-01-28]. Dostupné z WWW:
<<http://www.mav.cz/>>.
- [12] *Soustružení 2010* [online]. [Šumperk] : Pramet Tools, 2010 [cit. 2011-01-27]. Dostupné z WWW: <<http://www.pramet.com/indexc1b6.html>>.
- [13] *Vyvrtávací hlavy univerzální Vhu* [online]. Praha: Narex MTE, 2009 [cit. 2011-01-31]. Dostupné z WWW: <<http://www.narexmte.cz>>.

- [14] *Monolitní frézy* [online]. [Šumperk] : Pramet Tools, [2010] [cit. 2011-01-29].
Dostupné z WWW: <<http://www.pramet.com/indexc1b6.html>>.
- [15] *Frézování 2010* [online]. [Šumperk] : Pramet Tools, 2010 [cit. 2011-01-29].
Dostupné z WWW: <<http://www.pramet.com/indexc1b6.html>>.
- [16] *Style High Tech* [online]. Version 3.12. c2011 [cit. 2011-01-19]. Dostupné z WWW:
<<http://www.stylehightech.com>>.
- [17] VRAŠTIL, Marián. *Technologie obrábění topného tělesa výměníku*. Ostrava, 2008.
42 s. Diplomová práce. VŠB-TU Ostrava, Fakulta strojní.
- [18] VRAŠTIL, Marián. *Návrh nové technologie obrábění přírub s využitím CNC
obráběcích strojů*. Ostrava, 2006. 52 s. Bakalářská práce. VŠB-TU Ostrava,
Fakulta strojní.
- [19] *Iscar* [online]. ISCAR ČR, c2010 [cit. 2011-01-27]. Dostupné z WWW:
<<http://www.iscar.cz>>.

Přílohy

Příloha A – Výkres vyráběné součásti

Příloha B – Výkres výkovku

Příloha C – Hrubovací výkres pro původní technologii výroby

Příloha D – Hrubovací výkres pro novou technologii výroby